

DIALOG(R) File 351:Derwent WPI
(c) 2003 Thomson Derwent. All rts. reserv.

012602243 **Image available**
WPI Acc No: 1999-408347/ 199935
XRAM Acc No: C99-120967
XRPX Acc No: N99-304722

Multi-stage step shaped element formation method e.g. for reflective diffraction optical element of projection optical system for semiconductor device manufacture - involves forming recess in substrate, after removal of chromium film mask on completion of formation of resist pattern with periodic diffraction pattern on chromium film

Patent Assignee: CANON KK (CANO); IWASAKI Y (IWAS-I); TANAKA I (TANA-I)

Inventor: IWASAKI Y; TANAKA I

Number of Countries: 002 Number of Patents: 003

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
JP 11160510	A	19990618	JP 98276481	A	19980911	199935 B
US 6475704	B1	20021105	US 98150837	A	19980910	200276
US 20030008245	A1	20030109	US 98150837	A	19980910	200311
			US 2002227794	A	20020827	

Priority Applications (No Type Date): JP 97268087 A 19970912

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan	Pg	Main IPC	Filing Notes
JP 11160510	A		29	G02B-005/18	
US 6475704	B1			G03C-005/00	
US 20030008245	A1			G03F-001/00	Div ex application US 98150837 Div ex patent US 6475704

Abstract (Basic): JP 11160510 A

NOVELTY - A chromium film (22) which serves as mask is formed on a quartz substrate (21). A periodic diffraction pattern is formed using resist pattern (23), after which chromium film is removed. The substrate is etched for predetermined depth to form a recess (24). An aluminium film mask (25) is formed on resist pattern, following which the film (25) and pattern are removed by lithography.

USE - E.g. for reflective diffraction optical element of projection optical system for semiconductor device manufacture.

ADVANTAGE - Highly precise step like structure without groove and protrusion due to alignment error or pattern size error, is formed reliably. DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The figure shows the sectional view of formation process of step-shaped element. (21) Quartz substrate; (22) Chromium film; (23) Resist pattern; (24) Recess; (25) Aluminium film mask.

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-160510

(43)公開日 平成11年(1999) 6月18日

(51)Int.Cl.⁶
G 0 2 B 5/18

識別記号

F I
G 0 2 B 5/18

審査請求 未請求 請求項の数63 F D (全 29 頁)

(21)出願番号 特願平10-276481

(22)出願日 平成10年(1998) 9月11日

(31)優先権主張番号 特願平9-268087

(32)優先日 平 9 (1997) 9月12日

(33)優先権主張国 日本 (J P)

(71)出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子 3 丁目30番 2 号

(72)発明者 田中 一郎

東京都大田区下丸子三丁目30番 2 号 キヤ
ノン株式会社内

(72)発明者 岩崎 裕一

東京都大田区下丸子三丁目30番 2 号 キヤ
ノン株式会社内

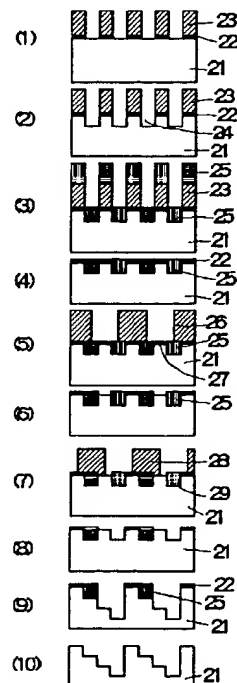
(74)代理人 弁理士 日比谷 征彦

(54)【発明の名称】 多段階段状素子の作製方法又は該素子作製用モールド型の作製方法

(57)【要約】

【課題】 アライメントエラーやパターン寸法エラーによる溝や突起のない高精度な階段状構造を形成する。

【解決手段】 工程(1)において、石英基板21上に第1のマスクとしてクロム膜22をスパッタリング法により100nmの厚さに形成し、基準となる周期の回折パターンを有するレジストパターン23を形成した後に、硝酸第2セリウムアンモニウムと過塩素酸と水の混合液から成るエッチング液を用いてクロム膜22を除去する。工程(2)において、CF₄と水素の混合ガスを用いて反応性イオンエッチング(RIE)法により、石英基板21を所定の深さエッチングして凹部24を形成する。の工程(3)において、電子ビーム蒸着法を用いて、残存するクロム膜22の表面に揃う程度の厚さに、第2のマスクとしてアルミニウム膜25を形成し、凹部24を埋める。次に、工程(4)において、リフトオフ法によりレジストパターン23とその上のアルミニウム膜25を同時に除去する。ここまでの工程の周期の回折パターンを基準として全ての段のパターン位置及び寸法が規定される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数回のリソグラフィ工程により、基板上に多段階状素子又は該素子作製用モールド型を作製する場合において、最初のリソグラフィ工程によって形成する第1のマスクによるパターンにより、全ての段の位置を規定することを特徴とする多段階状素子の作製方法又は該素子作製用モールド型の作製方法。

【請求項2】 少なくとも前記最初のリソグラフィ工程によって形成する前記第1のマスクによりエッチングを行い、前記第1のマスクのエッジ部分に段差を形成する工程を含む請求項1に記載の多段階状素子の作製方法又は該素子作製用モールド型の作製方法。

【請求項3】 少なくとも前記最初のリソグラフィ工程によって形成するパターンから1回又は複数回転写されたパターンをマスクとして材料基板をエッチングし、前記パターンのエッジ部分に段差を形成する工程を含む請求項1又は2に記載の多段階状素子の作製方法又は該素子作製用モールド型の作製方法。

【請求項4】 前記最初のリソグラフィ工程によって形成する前記パターンと、前記最初のリソグラフィ工程によって形成する前記パターンから1回又は複数回転写されたパターンとの複合パターンによるマスクにより材料基板をエッチングし、前記複合パターンのエッジ部分に段差を形成する工程を含む請求項1又は2に記載の多段階状素子の作製方法又は該素子作製用モールド型の作製方法。

【請求項5】 前記最初のリソグラフィ工程によって形成する前記パターンから1回又は複数回転写されたパターン同士の複合パターンによるマスクにより材料基板をエッチングし、前記複合パターンのエッジ部分に段差を形成する工程を含む請求項1又は2に記載の多段階状素子の作製方法又は該素子作製用モールド型の作製方法。

【請求項6】 前記リソグラフィ工程によって基板上に3段以上の階段の繰り返しパターンを形成する場合において、互いに材質が異なる前記第1のマスクと第2のマスクとを交互に形成する工程と、第3のマスクを用いて所望の前記第1のマスクを除去する工程と、前記第1のマスクを除去した部分をエッチングする工程とを有する請求項1～3の何れか1つの請求項に記載の多段階状素子の作製方法又は該素子作製用モールド型の作製方法。

【請求項7】 第4のマスクを用いて所望の前記第1のマスクに隣接する前記第2のマスクを除去する工程と、前記第1のマスクを除去した部分及び前記第2のマスクを除去した部分を同時にエッチングする工程とを有する請求項6に記載の多段階状素子の作製方法又は該素子作製用モールド型の作製方法。

【請求項8】 前記第1のマスクを除去した後にエッチングする工程の前に前記第3のマスクを除去する工程を

有する請求項6又は7に記載の多段階状素子の作製方法又は該素子作製用モールド型の作製方法。

【請求項9】 前記第2のマスクと前記第3のマスクとを用いて、前記第1のマスクを除去した部分のエッチングを行う請求項6に記載の多段階状素子の作製方法又は該素子作製用モールド型の作製方法。

【請求項10】 前記基板上に前記第1のマスクを形成し、前記第1のマスク上に基準となる周期を有するレジストパターンを形成し、該レジストパターンのない開口部分の第1のマスク及び前記基板にエッチングを行って基準となる周期を有する回折パターンを形成する第1の工程と、該第1の工程により前記基板上に形成した凹部を前記第2のマスクにより埋めることにより、前記基準となる周期を有するライン部とスペース部に前記第1のマスクと前記第2のマスクとを交互に配置する第2の工程と、定められた隣接する第1及び第2の一对の薄膜をそれぞれ除去する第3の工程と、残った前記第1及び第2のマスクをエッチングマスクとして用いる自己整合法によって前記基板の開口部分をエッチングする第4の工程と、前記第2～第4の工程を1回以上繰り返すことにより多段の階段状を形成する第5の工程とから成る請求項1、2、3、4、6、7又は8の何れか1つの請求項に記載の多段階状素子の作製方法又は該素子作製用モールド型の作製方法。

【請求項11】 前記第2の工程は、エッチバック法、リフトオフ法、ダマシン法、選択デポジション法の少なくとも1つの方法を用いて、前記基板上の凹部に前記第2のマスクを形成する請求項10に記載の多段階状素子の作製方法又は該素子作製用モールド型の作製方法。

【請求項12】 前記第2の工程において、前記基板は透光性材料とし、前記第1のマスクは遮光性材料とし、前記基板の裏面から光を照射して行う光アシストデポジション法を用いて、前記基板上の凹部に前記第2のマスクを形成する請求項10に記載の多段階状素子の作製方法又は該素子作製用モールド型の作製方法。

【請求項13】 前記第1及び第2のマスクは、金属、酸化物、窒化物の少なくとも1つから成る請求項10～12の何れか1つの請求項に記載の多段階状素子の作製方法又は該素子作製用モールド型の作製方法。

【請求項14】 第2のマスクで前記第1のマスクの内の必要とする周期の部分以外を覆い、前記第2のマスクでマスクされていない部分の前記基板を所定の深さエッチングし、必要に応じてこの工程を繰り返した後に、前記第1のマスク間を第3のマスクで覆い、該第3のマスク及び第4のマスクで前記第1のマスクの内の必要とする周期の部分以外を覆い、前記第3及び第4のマスクでマスクされていない部分の前記第1のマスクを除去した後に、前記基板を所定の深さエッチングし、必要に応じてこの工程を繰り返す請求項1、2、3、6、8、9の何れか1つの請求項に記載の多段階状素子の作製方法又

は該素子作製用モールド型の作製方法。

【請求項15】 前記第1のマスクに覆われない部分の前記基板を所定の深さエッチングした後に、第2のマスクで前記第1のマスクの内の必要とする周期の部分以外を覆い、前記第2のマスクでマスクされていない部分の基板を所定の深さエッチングし、必要に応じてこの工程を繰り返した後に、前記第1のマスク間を第3のマスクで覆い、該第3のマスク及び第4のマスクで前記第1のマスクの内の必要とする周期の部分以外を覆い、前記第3及び第4のマスクでマスクされていない部分の前記第1のマスクを除去した後に、前記基板を所定の深さエッチングし、必要に応じてこの工程を繰り返す請求項1、2、3、6、8、9の何れか1つの請求項に記載の多段階状素子の作製方法又は該素子作製用モールド型の作製方法。

【請求項16】 前記第1のマスクを遮光性材料とし、前記基板を透光性材料とし、前記第3のマスクをネガレジストとして、前記基板の裏面から前記基板を透過する光により前記ネガレジストを感光し、前記第1のマスク間を前記第2のマスクであるネガレジストで覆う工程を有する請求項15に記載の多段階状素子の作製方法又は該素子作製用モールド型の作製方法。

【請求項17】 前記第1のマスクに覆われない部分の前記基板を所定の深さエッチングした後に、前記第2のマスクで前記第1のマスクの内の必要とする周期の部分以外を覆い、マスクされていない部分の前記基板を所定の深さエッチングする工程を必要に応じて繰り返した後に、前記第1のマスクの材料及び前記基板と異なる前記第3のマスクとなる材料により全面に薄膜を形成し、前記第1のマスクの表面が露出するまで前記第3のマスクをエッチングし、前記第1のマスク間を前記第3のマスクで覆う工程を有する請求項15に記載の多段階状素子の作製方法又は該素子作製用モールド型の作製方法。

【請求項18】 前記第1のマスクに覆われない部分の前記基板を所定の深さエッチングした後に、前記第2のマスクで前記第1のマスクの内の必要とする周期の部分以外を覆い、マスクされていない部分の前記基板を所定の深さエッチングする工程を必要に応じて繰り返した後に、前記第1のマスクの材料及び前記基板と異なる前記第3のマスクとなる材料により全面に薄膜を形成し、前記第1のマスクの表面が露出するまで前記第3のマスクを研磨した後に、前記第1のマスク間を前記第3のマスクで覆う工程を有する請求項15に記載の多段階状素子の作製方法又は該素子作製用モールド型の作製方法。

【請求項19】 前記第1のマスクは遮光性材料とし、前記基板は透光性材料とし、前記第3のマスクを製造する際に加工する表面を所望の材料を含む気体に晒し、前記基板の裏面から該基板を透過する光によって前記気体を反応させることにより、前記第1のマスク間を前記第2のマスクで覆う工程を有する請求項15に記載の多段

階段状素子の作製方法又は該素子作製用モールド型の作製方法。

【請求項20】 前記第1のマスクはクロム膜で形成する請求項15～19の何れか1つの請求項に記載の多段階状素子の作製方法又は該素子作製用モールド型の作製方法。

【請求項21】 前記第1のマスクは光の反射材料及び反射防止材料の2層に形成し、前記基板側は光の反射材料とする請求項15～20の何れか1つの請求項に記載の多段階状素子の作製方法又は該素子作製用モールド型の作製方法。

【請求項22】 前記第1のマスクはクロム膜及び酸化クロム膜の2層に形成し、前記基板側はクロム膜とする請求項15～20の何れか1つの請求項に記載の多段階状素子の作製方法又は該素子作製用モールド型の作製方法。

【請求項23】 前記製造工程の最終工程で光反射膜を段差表面上に付加する請求項15～22の何れか1つの請求項に記載の多段階状素子の作製方法又は該素子作製用モールド型の作製方法。

【請求項24】 前記第1のマスクに覆われない部分の前記基板を所定の深さエッチングした後に、第2のマスクで前記第1のマスクの内の必要とする周期部分以外を覆い、マスクされていない部分の前記基板を所定の深さエッチングし、必要に応じてこの工程を繰り返した後に、前記第1のマスク間を第3のマスクで覆い、該第3のマスク及び第4のマスクで前記第1のマスクの内の必要とする周期の部分以外を覆い、マスクされていない部分の前記第1のマスクを除去し、続いて前記基板を所定の深さエッチングする工程を必要に応じて繰り返した後に、前記第3及び第4のマスクを除去し、前記第1のマスクの間を第5のマスクで覆い、続いて第6のマスクで前記第1のマスクを1つおきに覆い、前記第5及び第6のマスクに覆われない部分の前記第1のマスクを除去し、続いて第7のマスクで前記第5のマスクを1つおきに覆い、前記第7のマスクに覆われない部分の前記第5のマスクを除去し、前記第5のマスクと前記第1のマスクに覆われない部分の前記基板を所定の深さエッチングし、最後に残りの前記第5のマスク及び前記第1のマスクを除去する工程を有する請求項1、2、3、4、6、7、8、9の何れか1つの請求項に記載の多段階状素子の作製方法又は該素子作製用モールド型の作製方法。

【請求項25】 前記第1のマスクは遮光性材料とし、前記基板は透光性材料とし、前記第3のマスクはネガレジストとし、前記基板の裏面から前記基板を透過する光によりネガレジストを感光し、前記第1のマスク間を前記第3のマスクであるネガレジストで覆う工程を有する請求項24の多段階状素子の作製方法又は該素子作製用モールド型の作製方法。

【請求項26】 前記第1のマスクに覆われない部分の

前記基板を所定の深さエッチングした後に、前記第2のマスクで前記第1のマスクの内の必要とする周期の部分以外を覆い、マスクされていない部分の前記基板を所定の深さエッチングする工程を必要に応じて繰り返した後に、前記第1のマスクの材料及び前記基板と異なる前記第3のマスクとなる材料により全面に薄膜を形成し、前記第1のマスクの表面が露出するまで前記第3のマスクとなる材料をエッチングした後に、前記第1のマスク間を前記第3のマスクで覆う工程を有する請求項24の多段階状素子の作製方法又は該素子作製用モールド型の作製方法。

【請求項27】 前記第1のマスクに覆われない部分の前記基板を所定の深さエッチングした後に、前記第2のマスクで前記第1のマスクの内の必要とする周期部分以外を覆い、マスクされていない部分の前記基板を所定の深さエッチングする工程を必要に応じて繰り返した後に、前記第1のマスクの材料及び前記基板と異なる前記第3のマスクとなる材料により全面に薄膜を形成し、前記第1のマスクの表面が露出するまで前記第3のマスクとなる材料を研磨した後に、前記第1のマスク間を前記第3のマスクで覆う工程を有する請求項24の多段階状素子の作製方法又は該素子作製用モールド型の作製方法。

【請求項28】 前記第1のマスクは遮光性材料とし、前記基板は透光性材料とし、前記第3のマスクを製造する際に加工表面を所望の材料を含む気体に晒し、前記基板の裏面から前記基板を透過する光によって前記気体を反応させることにより、前記第1のマスク間を前記第2のマスクで覆う工程を有する請求項24の多段階状素子の作製方法又は該素子作製用モールド型の作製方法。

【請求項29】 前記第1のマスクは遮光性材料とし、前記基板は透光性材料とし、前記第5のマスクをネグレジストとし、前記基板の裏面から前記基板を透過する光により前記ネグレジストを感光し、前記第1のマスク間を前記第5のマスクであるネグレジストで覆う工程を有する請求項24～28の何れか1つの請求項に記載の多段階状素子の作製方法又は該素子作製用モールド型の作製方法。

【請求項30】 前記第1のマスクに覆われない部分の前記基板を所定の深さエッチングした後に、前記第2のマスクで前記第1のマスクの内の必要とする周期部分以外を覆い、マスクされていない部分の前記基板を所定の深さエッチングする工程を必要に応じて繰り返した後に、前記第1のマスク間を前記第3のマスクで覆い、前記第3のマスク及び前記第4のマスクで前記第1のマスクの内の必要とする周期部分以外を覆い、マスクされていない部分の前記第1のマスクを除去し、続いて前記基板を所定の深さエッチングする工程を必要に応じて繰り返した後に、前記第3及び第4のマスクを除去し、前記第1のマスクの材料及び前記基板と異なる前記第5のマ

スクとなる材料により全面に薄膜を形成した後に、前記第1のマスクの表面が露出するまで前記第5のマスクとなる材料をエッチングし、前記第1のマスク間を前記第5のマスクで覆う工程を有する請求項24～28の何れか1つの請求項に記載の多段階状素子の作製方法又は該素子作製用モールド型の作製方法。

【請求項31】 前記第1のマスクに覆われない部分の前記基板を所定の深さエッチングを行った後に、前記第2のマスクで前記第1のマスクの内の必要とする周期部分以外を覆い、マスクされていない部分の前記基板を所定の深さエッチングする工程を必要に応じて繰り返した後に、前記第1のマスク間を前記第3のマスクで覆い、前記第3及び第4のマスクで前記第1のマスクの内の必要とする周期の部分以外を覆い、マスクされていない部分の前記第1のマスクを除去し、続いて前記基板を所定の深さエッチングする工程を必要に応じて繰り返した後に、前記第1のマスクの材料及び前記基板と異なる前記第5のマスクとなる材料により全面に薄膜を形成し、前記第1のマスクの表面が露出するまで前記第5のマスクとなる材料を研磨した後に、前記第1のマスク間を前記第5のマスクで覆う工程を有する請求項24～28の何れか1つの請求項に記載の多段階状素子の作製方法又は該素子作製用モールド型の作製方法。

【請求項32】 前記第1のマスクは遮光性材料とし、前記基板は透光性材料とし、前記第5のマスクを製造する際に該加工表面を所望の材料を含む気体に晒し、前記基板の裏面から前記基板を透過する光によって前記気体を反応させることにより、前記第1のマスク間を前記第2のマスクで覆う工程を有する請求項24～28の何れか1つの請求項に記載の多段階状素子の作製方法又は該素子作製用モールド型の作製方法。

【請求項33】 前記第1のマスクはクロム膜で形成する請求項24～32の何れか1つの請求項に記載の多段階状素子の作製方法又は該素子作製用モールド型の作製方法。

【請求項34】 前記第1のマスクは光の反射材料及び反射防止材料の2層に形成し、前記基板側は光の反射材料とする請求項24～32の何れか1つの請求項に記載の多段階状素子の作製方法又は該素子作製用モールド型の作製方法。

【請求項35】 前記第1のマスクはクロム膜及び酸化クロム膜の2層で形成し、前記基板側はクロム膜とする請求項24～32の何れか1つの請求項に記載の多段階状素子の作製方法又は該素子作製用モールド型の作製方法。

【請求項36】 前記製造工程の最終工程で光反射膜を段差表面上に付加する請求項24～35の何れか1つの請求項に記載の多段階状素子の作製方法又は該素子作製用モールド型の作製方法。

【請求項37】 前記第1のマスクに覆われない部分の

前記基板を所定の深さエッチングした後に、第2のマスクで前記第1のマスクのうちの必要とする周期の部分以外を覆い、マスクされていない部分の前記基板を所定の深さエッチングし、必要に応じてこの工程を繰り返した後に、前記第1のマスク間を第3のマスクで覆い、該第3のマスク及び第4のマスクで前記第1のマスクの内の必要とする周期の部分以外を覆い、マスクされていない部分の前記第1のマスクを除去し、続いて前記基板を所定の深さエッチングする工程を必要に応じて繰り返した後に、前記第3及び第4のマスクを除去し、前記第1のマスクの間の内の必要とする周期の部分以外を第5のマスクで覆い、前記第1のマスクと前記第5のマスクに覆われない部分の前記基板を所定の深さエッチングし、前記第5のマスクを除去し、前記第1のマスクがない部分に第6のマスクを形成し、前記第1のマスクの間の内の必要とする周期の部分以外を第7のマスクで覆い、前記第6及び第7のマスクでマスクされていない部分の前記第1のマスクを除去し、続いて前記第6及び第7のマスクにより前記基板を所定の深さエッチングし、最後に残りの前記第1、第6及び第7のマスクを除去する工程を有する請求項1、2、3、6、8、9の何れか1つの請求項に記載の多段階状素子の作製方法又は該素子作製用モールド型の作製方法。

【請求項38】 前記第1のマスクが遮光性材料であり、前記基板が透光性材料であり、前記第3及び第6のマスクがネガレジストであり、前記基板の裏面から前記基板を透過する光によりネガレジストを感光し、前記第1のマスク間を前記第3及び第6のマスクであるネガレジストで覆うようにした請求項37に記載の多段階状素子の作製方法又は該素子作製用モールド型の作製方法。

【請求項39】 前記リソグラフィ工程により前記基板上に3段以上の階段状のパターンを形成する場合において、互いに材質の異なる前記第1のマスク及び第2のマスクにより前記基板も覆い、前記第1のマスクの必要とされる部分を前記第2のマスクで覆い、前記第1のマスクの内の前記第2のマスクに覆われない部分を除去する工程と、前記第1のマスクを除去した部分をエッチングする工程とを有する請求項1、2、3の何れか1つの請求項に記載の多段階状素子の作製方法又は該素子作製用モールド型の作製方法。

【請求項40】 前記第1のマスクが遮光性材料であり、基板が透光性材料であり、前記第2のマスクがネガレジストであり、前記基板の裏面から基板を透過する光によりネガレジストを感光し、前記第1のマスクのうち必要とされる部分上のネガレジストを感光した後に現像する請求項39に記載の多段階状素子の作製方法又は該素子作製用モールド型の作製方法。

【請求項41】 前記第1のマスクはクロム膜とする請求項37～40の何れか1つの請求項に記載の多段階

状素子の作製方法又は該素子作製用モールド型の作製方法。

【請求項42】 前記第1のマスクが光の反射材料と反射防止材料の2層であり、前記基板側が光の反射材料である請求項37～40の何れか1つの請求項に記載の多段階状素子の作製方法又は該素子作製用モールド型の作製方法。

【請求項43】 前記第1のマスクはクロム膜と酸化クロム膜の2層であり、前記基板側がクロム膜である請求項37～40の何れか1つの請求項に記載の多段階状素子の作製方法又は該素子作製用モールド型の作製方法。

【請求項44】 最終工程で光反射膜を段差表面上に付加する請求項37～43の何れか1つの請求項に記載の多段階状素子の作製方法又は該素子作製用モールド型の作製方法。

【請求項45】 前記多段階状素子は回折光学素子とした請求項1～43の何れかの請求項に記載の多段階状素子の作製方法又は該素子作製用モールド型の作製方法。

【請求項46】 請求項1～45の何れか1つの請求項に記載の方法により作製した多段階状素子。

【請求項47】 請求項1～45の何れか1つの請求項に記載の方法により作製した多段階状素子作製用モールド型。

【請求項48】 請求項47に記載のモールド型により作製した多段階状素子。

【請求項49】 請求項46又48に記載の多段階状素子を用いた光学系。

【請求項50】 請求項48の光学系を有する露光装置。

【請求項51】 請求項50に記載の露光装置による露光工程を含むデバイス製造方法。

【請求項52】 2段を越える段数の階段を有する多段階状素子又は該素子作製用モールド型を作成する場合において、前記階段の1段おきに対応する基板上の領域に第1のマスクを形成すると共に該第1のマスクが形成されていない前記基板上の領域に対してエッチング及び／又はデボジションを行う工程と、前記第1のマスクが形成されていない領域の内の一部の前記基板上の領域に第2のマスクを形成し、前記第1、第2のマスクが形成されていない前記基板上の領域に対してエッチング及び／又はデボジションを行う工程とを有することを特徴とする多段階状素子の作製方法又は該素子作製用モールド型の作製方法。

【請求項53】 前記段数は 2^n （ n は2以上の自然数）とした請求項52に記載の多段階状素子の作製方法又は該素子作製用モールド型の作製方法。

【請求項54】 前記第1のマスクは金属とする請求項52に記載の多段階状素子の作製方法又は該素子作製

用モールド型の作製方法。

【請求項55】 前記第2のマスクは金属又はフォトリソグマスクとする請求項52に記載の多段階状素子の作製方法又は該素子作製用モールド型の作製方法。

【請求項56】 前記基板に前記階段を複数個形成する請求項52に記載の多段階状素子の作製方法又は該素子作製用モールド型の作製方法。

【請求項57】 前記複数個の階段は回折格子として作用する請求項52に記載の多段階状素子の作製方法又は該素子作製用モールド型の作製方法。

【請求項58】 前記複数個の階段は互いに寸法が異なる階段を含む請求項52に記載の多段階状素子の作製方法又は該素子作製用モールド型の作製方法。

【請求項59】 請求項52～58の何れか1つの請求項に記載の方法によって作成された多段階状素子。

【請求項60】 請求項59に記載の回折光学格子を用いた光学系。

【請求項61】 請求項60に記載の光学系を用いた投影光学系。

【請求項62】 請求項61の投影光学系を用いた投影露光装置。

【請求項63】 請求項62に記載の投影露光装置による露光工程を含むデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、リソグラフィ工程により階段状断面を形成する多段階状素子の作製方法又は該素子作製用モールド型の作製方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、バイナリオプティクスである回折光学素子の作製方法としては、電子ビームのドーズ量を制御してレジストを階段形状に形成し、そのまま回折パターンとして用いる技術が、電子通信学会誌(c) J66-CP85-91昭和58年1月号、特開昭62-265601号公報、特開昭62-42102号公報等に開示されている。

【0003】また、特開昭61-137101号公報には、互いにエッチング耐性を有する2種類以上の膜を所望の厚さに積層し、上層から順次にエッチングして階段構造を形成し、回折光学素子の金型とする技術が開示されており、特開昭61-44628号公報、特開平6-160610号公報には、レジストを1段ずつアライメントして形成し、これをエッチングマスクとして階段構造を形成して回折光学素子の金型とする技術が開示されている。

【0004】更に特開平8-15510号公報には、基板上にエッチングストッパ層と透明層を1段ずつ積層し、アライメント、露光、エッチングを行って直接階段構造を形成して回折光学素子とする技術が開示されてい

る。

【0005】また、特開平6-26339号公報、米国特許公報第2554600号には、レジストをエッチングマスクとして直接基板上に階段構造を形成して回折光学素子とし、レジストパターンニング毎にアライメントを行う技術が開示されており、特開平7-72319号公報には、レジストをエッチングマスクとしてアライメントを行って階段構造を形成する技術が開示されている。

【0006】図32は8段階構造の回折光学素子の製造工程の断面図を示し、図32の工程(1)において、清浄な基板1上にレジストを滴下し、スピンコートによりレジストを1 μ m程度の薄膜とし、ベーク処理を行ってレジスト膜2を形成する。図32の工程(2)において、最も微細な回折パターンが露出可能な露出装置に基板1を装着し、所望の回折パターンに応じたレクチル3をマスクとしてレジスト膜2に対して感度を有する露光光Lを照射し露光を行う。ポジタイプのレジストを用いた場合は、露光光Lにより露光した領域は現像液に対して可溶となるので、図32の工程(3)に示すように所望寸法のレジストパターン4が形成される。図32の工程(4)において、基板1を異方性エッチングが可能な反応性イオンエッチング装置又はイオンビームエッチング装置に装着し、パターン化したレジストパターン4をエッチングマスクとして、基板1に所定時間所定深さのエッチングを行う。そして、レジストパターン4を除去すると、図32の工程(5)に示すように2段の段差を有するパターン5が形成された基板1を得る。

【0007】再び、工程(1)と同様に基板1にレジスト膜6を形成して露光装置に装着し、図32の工程(6)において回折パターン3の2倍周期のパターンを有するレクチル7をマスクとして、工程(5)までに形成したパターンに対して露光装置が有するアライメント精度でアライメントした後に、図32の工程(7)においてレジスト膜6を露光現像してレジストパターン8を形成する。次に、工程(4)と同様にドライエッチングを行ってレジストパターン8を除去すると、図32の工程(8)に示すように4段の段差を有するパターン9が形成される。

【0008】更に、工程(1)と同様に再び基板1にレジスト膜10を形成した後に、図32の工程(9)において回折パターン3の4倍同期のパターンを有するレクチル11をマスクとして、図32の工程(10)において工程(7)と同様にしてレジストパターン12を形成し、ドライエッチングを行った後にレジストパターン12を除去すると、図32の工程(11)に示すように8段の段差のパターン13を有する回折光学素子が形成される。そして、前後に回折光学素子が形成された基板1の両面に対して、スパッタリング法や蒸着法により反射防止膜を形成する。

【0009】このように、階段状の断面形状を有する回折光学素子又は金型は、半導体製造技術で用いられてい

る露光、エッチング技術に基づくリソグラフィ工程及び成膜技術によって、製造されている。この回折光学素子は基板上に形成した階段状の凹凸により光学的性能が発揮されるので、その回折効率も形成した凹凸の形状即ち段の深さや幅や断面形状等により左右される。

【0010】このような倍周期のマスクを順次に使用して、多段の段階形状の回折光学素子を製造する場合には、アライメントエラーや寸法エラーが発生しなければ、例えば図33に示すように3枚のマスク17a~17cを使用して、理想的な8段形状Aを形成することができる。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら上述の実施例において、複数のマスクを使用する製造技術では、アライメントによる誤差が回折効率を著しく劣化させ、更にこのような形状エラーは一旦形成されると再生が不可能なためにコスト上昇を招く結果となる。実際には、これらのアライメントエラーや寸法エラーを完全になくすることは不可能であり、例えば図34に示すようにマスク17a~17cのアライメントに r_1 、 r_2 に示す量のずれが生じた場合には、理想形状Aと異なる形状Bのような回折光学素子が形成されてしまう。これによって、回折効率等の光学性能は大幅に低下し、加えて各層において寸法エラーが発生した場合には、更に光学性能の低下は増大する。

【0012】例えば基板として石英を用いて、最小線幅が $0.35\mu\text{m}$ 、1段の段差 d が 61nm 、使用波長 248nm で、形状Aに示すように理想的な8段形状が形成された場合には、反射による損失を除いた理論回折効率は95%である。一方、例えばレチクル17aとレチクル17bのアライメント誤差 r_1 が 80nm 、レチクル17aとレチクル17cのアライメント誤差 r_2 が 30nm の場合には、反射を考慮に入れない回折効率は80%となって15%の低下となり、実際の測定及びシミュレーションにおいても同様の結果が確認されている。

【0013】また、同様な方法で多段の回折光学素子を形成するには、複数の露光及び現像によるレジストプロセス工程が行われ、例えば段数16段、基板として石英を用い、最小線幅が $0.35\mu\text{m}$ 、1段の段差が 30.5nm 、使用波長 248nm の場合には16段の階段状回折光学素子が製造できる。理想的な16段形状の場合には、反射による損失を除いた理論回折効率は99%となるが、これにアライメント誤差が含まれた場合には、回折効率は8段形状のときより更に大幅に低下することになる。

【0014】このように、実際にレジストパターン寸法及びアライメントの制御は相当に難しく、再現性が得られず、その結果、段の幅が太くなったり細くなったりして、理想的な階段形状には存在しない溝や突起が形成され、このために回折光学素子の光学性能が著しく劣化

するという問題がある。

【0015】また、電子ビーム描画の場合にはアライメントの誤差はなくなるが、膨大な描画量となるために、生産上十分なスループットが得られないという問題がある。

【0016】更に、一般に回折光学素子に用いる硝子の場合には、エッチング速度が遅いことと、レジストと硝子のエッチング速度が同程度であることから、段が深い回折パターンを得ようとすると、レジストを厚く形成する必要があり、レジストが厚いと溝の深い部分でエッチングにより生成した反応生成物質が外に出られなくなり、断面形状が悪化して側壁の矩形形状を損うという問題がある。

【0017】本発明の目的は、高精度の回折光学素子を短時間かつ低価格で安定して製造可能な回折光学素子等の作製方法を提供することにある。

【0018】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するための本発明に係る多段階状素子の作製方法又は該素子作製用モールド型の作製方法は、複数のリソグラフィ工程により、基板上に多段階状素子又は該素子作製用モールド型を作製する場合において、最初のリソグラフィ工程によって形成する第1のマスクによるパターンにより、全ての段の位置を規定することを特徴とする。

【0019】上記本発明に関連する好適な実施例である多段階状素子の作製方法又は該素子作製用モールド型の作製方法は、本発明において、少なくとも前記最初のリソグラフィ工程によって形成する前記第1のマスクによりエッチングを行い、前記第1のマスクのエッジ部分に段差を形成する工程を含む。

【0020】上記本発明に関連する好適な実施例である多段階状素子の作製方法又は該素子作製用モールド型の作製方法は、本発明において、前記リソグラフィ工程によって基板上に3段以上の階段の繰り返しパターンを形成する場合において、互いに材質が異なる前記第1のマスクと第2のマスクとを交互に形成する工程と、第3のマスクを用いて所望の前記第1のマスクを除去する工程と、前記第1のマスクを除去した部分をエッチングする工程とを有する。

【0021】上記本発明に関連する好適な実施例である多段階状素子の作製方法又は該素子作製用モールド型の作製方法は、本発明において、前記基板上に前記第1のマスクを形成し、前記第1のマスク上に基準となる周期を有するレジストパターンを形成し、該レジストパターンのない開口部分の第1のマスク及び前記基板にエッチングを行って基準となる周期を有する回折パターンを形成する第1の工程と、該第1の工程により前記基板上に形成した凹部を前記第2のマスクにより埋めることにより、前記基準となる周期を有するライン部とスペース部に前記第1のマスクと前記第2のマスクとを交互に配

置する第2の工程と、定められた隣接する第1及び第2の一对の薄膜をそれぞれ除去する第3の工程と、残った前記第1及び第2のマスクをエッチングマスクとして用いる自己整合法によって前記基板の開口部分をエッチングする第4の工程と、前記第2～第4の工程を1回以上繰り返すことにより多段の階段状を形成する第5の工程とから成る。

【0022】上記本発明に関連する好適な実施例である多段階状素子の作製方法又は該素子作製用モールド型の作製方法は、本発明において、第2のマスクで前記第1のマスクの内の必要とする周期の部分以外を覆い、前記第2のマスクでマスクされていない部分の前記基板を所定の深さエッチングし、必要に応じてこの工程を繰り返した後に、前記第1のマスク間を第3のマスクで覆い、該第3のマスク及び第4のマスクで前記第1のマスクの内の必要とする周期の部分以外を覆い、前記第3及び第4のマスクでマスクされていない部分の前記第1のマスクを除去した後に、前記基板を所定の深さエッチングし、必要に応じてこの工程を繰り返す。

【0023】上記本発明に関連する好適な実施例である多段階状素子の作製方法又は該素子作製用モールド型の作製方法は、本発明において、前記第1のマスクに覆われない部分の前記基板を所定の深さエッチングした後に、第2のマスクで前記第1のマスクの内の必要とする周期の部分以外を覆い、前記第2のマスクでマスクされていない部分の基板を所定の深さエッチングし、必要に応じてこの工程を繰り返した後に、前記第1のマスク間を第3のマスクで覆い、該第3のマスク及び第4のマスクで前記第1のマスクの内の必要とする周期の部分以外を覆い、前記第3及び第4のマスクでマスクされていない部分の前記第1のマスクを除去した後に、前記基板を所定の深さエッチングし、必要に応じてこの工程を繰り返す。

【0024】上記本発明に関連する好適な実施例である多段階状素子の作製方法又は該素子作製用モールド型の作製方法は、本発明において、前記第1のマスクに覆われない部分の前記基板を所定の深さエッチングした後に、第2のマスクで前記第1のマスクの内の必要とする周期部分以外を覆い、マスクされていない部分の前記基板を所定の深さエッチングし、必要に応じてこの工程を繰り返した後に、前記第1のマスク間を第3のマスクで覆い、該第3のマスク及び第4のマスクで前記第1のマスクの内の必要とする周期の部分以外を覆い、マスクされていない部分の前記第1のマスクを除去し、続いて前記基板を所定の深さエッチングする工程を必要に応じて繰り返した後に、前記第3及び第4のマスクを除去し、前記第1のマスクの間を第5のマスクで覆い、続いて第6のマスクで前記第1のマスクを1つおきに覆い、前記第5及び第6のマスクに覆われない部分の前記第1のマスクを除去し、続いて第7のマスクで前記第5のマスク

を1つおきに覆い、前記第7のマスクに覆われない部分の前記第5のマスクを除去し、前記第5のマスクと前記第1のマスクに覆われない部分の前記基板を所定の深さエッチングし、最後に残りの前記第5のマスク及び前記第1のマスクを除去する工程を有する。

【0025】上記本発明に関連する好適な実施例である多段階状素子の作製方法又は該素子作製用モールド型の作製方法は、本発明において、前記第1のマスクに覆われない部分の前記基板を所定の深さエッチングした後に、第2のマスクで前記第1のマスクのうちの必要とする周期の部分以外を覆い、マスクされていない部分の前記基板を所定の深さエッチングし、必要に応じてこの工程を繰り返した後に、前記第1のマスク間を第3のマスクで覆い、該第3のマスク及び第4のマスクで前記第1のマスクの内の必要とする周期の部分以外を覆い、マスクされていない部分の前記第1のマスクを除去し、続いて前記基板を所定の深さエッチングする工程を必要に応じて繰り返した後に、前記第3及び第4のマスクを除去し、前記第1のマスクの間の内の必要とする周期の部分以外を第5のマスクで覆い、前記第1のマスクと前記第5のマスクに覆われない部分の前記基板を所定の深さエッチングし、前記第5のマスクを除去し、前記第1のマスクがない部分に第6のマスクを形成し、前記第1のマスクの間の内の必要とする周期の部分以外を第7のマスクで覆い、前記第6及び第7のマスクでマスクされていない部分の前記第1のマスクを除去し、続いて前記第6及び第7のマスクにより前記基板を所定の深さエッチングし、最後に残りの前記第1、第6及び第7のマスクを除去する工程を有する。

【0026】上記本発明に関連する好適な実施例である多段階状素子の作製方法又は該素子作製用モールド型の作製方法は、本発明において、前記リソグラフィ工程により前記基板上に3段以上の階段状のパターンを形成する場合において、互いに材質の異なる前記第1のマスク及び第2のマスクにより前記基板も覆い、前記第1のマスクの必要とされる部分を前記第2のマスクで覆い、前記第1のマスクの内の前記第2のマスクに覆われない部分を除去する工程と、前記第1のマスクを除去した部分をエッチングする工程とを有する。

【0027】また、上記目的を達成するための本発明に係る多段階状素子の作製方法又は該素子作製用モールド型の作製方法は、2段を越える段数の階段を有する多段階状素子又は該素子作製用モールド型を作成する場合において、前記階段の1段おきに対応する基板上の領域に第1のマスクを形成すると共に該第1のマスクが形成されていない前記基板上の領域に対してエッチング及び/又はデポジションを行う工程と、前記第1のマスクが形成されていない領域の内の一部の前記基板上の領域に第2のマスクを形成し、前記第1、第2のマスクが形成されていない前記基板上の領域に対してエッチング及

び／又はデポジションを行う工程とを有することを特徴とする。

【0028】

【発明の実施の形態】本発明を図1～図31に図示の実施例に基づいて詳細に説明する。図1は第1の実施例の回折光学素子の製造工程の断面図を示す。図1の工程(1)において、石英基板21上に第1のマスクとしてクロム膜22をスパッタリング法により100nmの厚さに形成し、基準となる周期の回折パターンを有するレジストパターン23を形成した後に、硝酸第2セリウムアンモニウムと過塩素酸と水の混合液から成るエッチング液を用いてクロム膜22を除去する。

【0029】図1の工程(2)において、 CF_4 と水素の混合ガスを用いてRIE法（反応性イオンエッチング法）により、石英基板21を所定の深さエッチングして凹部24を形成する。図1の工程(3)において、電子ビーム蒸着法を用いて、残存するクロム膜22の表面に揃う程度の厚さに、第2のマスクとしてアルミニウム膜25を形成し、凹部24を埋める。次に、図1の工程(4)において、リフトオフ法によりレジストパターン23とその上のアルミニウム膜25を同時に除去する。ここまでの工程で基準となる周期の回折パターンが2段構造で形成され、石英基板21の表面は隣接するクロム膜22とアルミニウム膜25により被覆されて、パターンの位置及び寸法が規定される。

【0030】次に、図1の工程(5)においてレジストパターン26を形成し、所定のクロム膜27をエッチング液により除去した後に、図1の工程(6)において工程(1)と同じエッチング液を用いてレジストパターン26を除去する。更に、図1の工程(7)においてレジストパターン28を形成し、工程(6)で除去したクロム膜27と隣接する所定のアルミニウム膜29を、磷酸と硝酸と酢酸と水の混合液から成るエッチング液により除去した後に、図1の工程(8)においてレジストパターン28を除去する。

【0031】図1の工程(9)において、残存するクロム膜22及びアルミニウム膜24をエッチングマスクとし、アライメントの必要がない自己整合法として工程(2)と同じRIE法により石英基板21を所定の深さエッチングする。最後に、図1の工程(10)においてクロム膜22を工程(1)と同じエッチング液により除去し、アルミニウム薄膜25を及び工程(6)と同じエッチング液により除去する。このようにして、アライメントエラーやパターン寸法エラーによる溝や突起のない、高精度な4段の階段状構造を有する回折光学素子が実現できる。

【0032】図2は第2の実施例の光CVD法（光アシスト化学的气相成長法）による回折光学素子の製造工程の断面図を示す。図2の工程(1)において、石英基板31上に第1のマスクとしてクロム膜32をスパッタリング法で100nmの厚さに形成し、基準となる周期の回

折パターンを有するレジストパターン33を形成した後に、硝酸第2セリウムアンモニウムと過塩素酸と水の混合液から成るエッチング液を用いてレジストパターン33を形成していないクロム膜32を除去する。

【0033】図2の工程(2)において、 CF_4 と水素の混合ガスを用いてRIE法により、石英基板31を所定の深さエッチングして凹部34を形成し、レジストパターン33を除去する。図2の工程(3)において、石英基板31の背面から露光光Lを照射しながら行う光CVD法により、波長248nmのKrFレーザー光、及び $\text{Al}(\text{CH}_3)_3$ と過酸化窒素の混合ガスを用いて、残存するクロム膜32の表面に揃う程度の厚さに第2のマスクとして酸化アルミニウム膜35を形成して、凹部34を埋める。

【0034】ここまでの工程で、基準となる周期の回折パターンが2段構造で形成され、石英基板31の表面は隣接するクロム膜32と酸化アルミニウム膜35により被覆され、パターンの位置及び寸法が規定される。なお、背面からの光照射による光CVD法は、自己整合法として1工程で孔埋めが可能なので、他の方法より簡便である。

【0035】次に、図2の工程(4)において、所定のレジストパターン36を形成し、図2の工程(5)においてレジストパターン36を形成していないクロム膜37を工程(1)と同じエッチング液により除去した後に、レジストパターン36を除去する。更に、図2の工程(6)においてレジストパターン38を形成し、酸化アルミニウム膜35の内の工程(5)で除去したクロム膜32と隣合う所定の酸化アルミニウム膜39を磷酸系のエッチング液にて除去した後に、図2の工程(7)においてレジストパターン38を除去する。

【0036】続いて、図2の工程(8)において、残存するクロム膜32及び酸化アルミニウム膜35をマスクとして、石英基板31を工程(2)と同じRIE法によりエッチングした後に、クロム膜32を工程(1)と同じエッチング液により除去し、酸化アルミニウム膜35を工程(7)と同じエッチング液により除去すると、図2の工程(9)に示すように、自己整合法によりアライメントエラーやパターン寸法エラーによる溝や突起がない、高精度な4段の階段状構造を有する回折光学素子が実現できる。

【0037】ここで用いた光CVD法は、アシスト光を透過する石英基板31と堆積材料の組合わせで実施することができ、他に石英基板31と酸化チタン又は窒化珪素等の組合わせがある。また、本実施例の第1のマスクをクロムと酸化クロムの積層膜とし、工程(3)の酸化アルミニウム膜35の材料をアルミニウム膜とし、選択デポジション法を用いて、高精度な4段の階段状構造を有する回折光学素子を実現することができる。

【0038】図3は第3の実施例のCMP法（化学的機

械的研磨法)又はエッチバック法による回折光学素子の製造工程の断面図を示す。図3の工程(1)において、石英基板41上に第1のマスクとしてクロム膜42をスパッタリング法により200nmの厚さに形成し、基準となる周期の回折パターンを有するレジストパターン43を形成した後に、四塩化炭素と酸素の混合ガスを用いてRIE法によりクロム膜42を除去する。図3の工程(2)において、レジストパターン43を除去した後に、石英基板41を CHF_3 系のガスを用いてRIE法で所定の深さエッチングする。図3の工程(3)において、第2のマスクとしてアルミニウム膜44を電子ビーム蒸着法により500nm程度の厚さに形成した後に、図3の工程(4)においてCMP法を利用したダマシン法、又はエッチング液によるエッチバック法により、残存するクロム膜42の表面が露出するまでアルミニウム膜44を除去する。

【0039】ここで、CMP法に用いるスラリーと加工液はそれぞれ酸化アルミニウム系と水酸化アンモニウム系を用い、エッチバック法のエッチング液は燐酸と硝酸と酢酸と水の混合液を用いる。ここまでの工程で、基準となる周期の回折パターンが石英基板41上に2段の構造で形成され、石英基板41の表面は隣接するクロム膜42とアルミニウム膜44により被覆される。

【0040】続いて、図3の工程(5)において、所定位置にレジストパターン45を形成した後に、図3の工程(6)においてレジストパターン45を形成しないクロム膜46を硝酸第2セリウムアンモニウムと過塩素酸と水の混合液を用いたエッチング液により除去し、その後にレジストパターン45を除去する。更に、図3の工程(7)においてレジストパターン47を形成し、工程(6)で除去したクロム膜46と隣合う所定のアルミニウム膜48を工程(4)と同じエッチング液により除去し、図3の工程(8)においてレジストパターン47を除去する。図3の工程(9)において残存するクロム膜42及びアルミニウム膜44をマスクとして、石英基板41を工程(2)と同じRIE法によりエッチングし、凹部49を形成する。ここまでの工程で、基準となる周期の回折パターンが石英基板41上に4段の構造で形成される。

【0041】次に、図3の工程(10)において、工程(3)と同様に100nm程度の厚さにアルミニウム膜50を成膜した後に、図3の工程(11)においてダマシン法により工程(9)で形成した凹部49を埋め、更に工程(4)と同様にしてアルミニウム膜50を除去する。続いて、図3の工程(12)において所定位置にレジストパターン51を形成し、図3の工程(13)においてレジストパターン51のないクロム膜52をエッチング液で除去する。更に、図3の工程(14)においてレジストパターン53を形成し、図3の工程(15)においてアルミニウム膜44、50を除去し、図3の工程(16)においてレジストパターン53を除去する。

【0042】次に、図3の工程(17)において、残存するクロム膜42、アルミニウム膜44、50をマスクとして、石英基板41を工程(2)と同様のRIE法によりエッチングする。最後に、図3の工程(18)において、残存するクロム膜42を工程(1)と同じエッチング液により除去し、アルミニウム膜44、50を工程(4)と同じエッチング液により除去する。

【0043】このようにして、自己整合法によりアライメントエラーやパターン寸法エラーによる溝や突起のない、高精度な8段の階段状構造を有する回折光学素子が実現できる。なお、第1～第3の実施例におけるパターン形成のための露光光は、紫外や遠紫外等の光に限らず、電子ビームやX線、又はその他の露光技術を用いてもよい。

【0044】また、第1及び第3の実施例の基板21及び41は、透過型や反射型又は金型の使用目的に合わせて材質を適宜選択する。ただし、基板である被エッチング材と第1、第2のマスクの2つの材料が、使用するエッチング方法において、エッチング速度、エッチング条件が全く異なり、選択比が得られるものでなければならない。また、クロム膜とアルミニウム膜のエッチング方法は、ウエットエッチング法に限らず、スパッタエッチング法、イオンビームエッチング法等のドライエッチング法を用いてもよい。更に、第1及び第3の実施例の第1、第2のマスクの成膜方法は、真空蒸着法、スパッタリング法、イオンビームスパッタリング法、イオンプレーティング法、CVD法、M電子ビーム法等を用いてもよい。

【0045】図4は第4の実施例の反射型回折光学素子の断面図を示している。第1～第3の実施例で作成した多段の階段構造を有する基板61に、反射膜としてクロム層62とアルミニウム層63と石英層64を電子ビーム蒸着法等により積層する。クロム層62は基板61との密着性を向上する機能を有し、アルミニウム層63は反射膜で、石英層64は保護膜機能を有する。基板材料には珪素や石英等を使用し、第1及び第2のマスクは選択比の高いものを適宜選択し、反射膜層の材料及び積層構成は、使用する波長や環境に応じて各層の作用を十分発揮するものを選択する。このようにして、アライメントエラーやパターン寸法エラーによる溝や突起のない、高精度な4段又は8段の階段状構造を有する反射型の回折光学素子が実現できる。

【0046】図5は第5の実施例の回折光学素子の断面図を示す。第1～第3の実施例で作成した多段の階段構造を有する基板65を金型として用い、光硬化性樹脂等を用いたZP法やインジェクション法等の複製技術により回折光学素子66をレプリカとして製造する。このようにして、アライメントエラーやパターン寸法エラーによる溝や突起のない、高精度な4又は8段の階段状構造を有する回折光学素子が実現できる。

【0047】図6は回折光学素子を有する投影光学系の構成図を示す。球面又は非球面の通常のレンズ群71に本実施例の回折光学素子72が組み込まれており、通常のレンズ71の表面には反射防止膜が形成されている。

【0048】回折光学素子72は通常のレンズ71と共働して光学系の色収差やザイデルの5収差等の各種収差を補正する。このような投影光学系は、各種カメラ、1眼レフレックスカメラに取り付ける交換レンズ、複写機等の事務機、液晶パネル製造用の投影露光装置、IC、LSI等の半導体チップ製造用の投影露光装置に用いられる。

【0049】図7は投影露光装置の構成図を示し、露光光を供給する照明光学系73、照明光学系73により照明されるマスク74、このマスク74に描かれたデバイスパターン像を投影する投影光学系75、レジストパターンが塗布された硝子基板やシリコン基板76が配列されている。照明光学系73及び投影光学系75に本実施例による回折光学素子が組み込まれており、照明光学系73や投影光学系75を構成するレンズの表面には反射防止膜が形成されている。

【0050】照明光学系73からの露光光はマスク74を照明し、投影光学系75によりマスク74に描かれたデバイスパターン像を硝子基板やシリコン基板76上に投影する。

【0051】図8、図9は第6の実施例のネガレジストを背面露光する技法による回折光学素子の製造工程の断面図を示す。先ず、図8の工程(1)において、石英基板81上にクロム膜82をスパッタリング法により100nmの厚みに成膜する。なお、パターンニングの解像力向上のためにクロム膜82上に20~30nmの酸化クロム等の反射防止膜を形成する。図8の工程(2)において、この石英基板81にフォトレジストを塗布し、ライン及びスペースの幅を共に0.35 μ mとして第1回目のレジストパターン83を形成する。続いて、例えば平行平板型のRIE装置により塩素ガス又は塩素ガスと酸素の混合ガスを用いて、レジストパターン83をマスクとしてクロム膜82をエッチングする。次に、図8の工程(3)においてレジストパターン83を酸素アッシング法又は剥離液により剥離する。このクロム膜82のパターンによって以下に示す工程を経て全ての段位置が規定される。

【0052】図8の工程(4)において、クロム膜82によるパターンをマスクとして、例えば平行平板型のRIE装置によりCF₄と水素の混合ガスを用いて、CF₄の流量20cm³/分、水素の流量3cm³/分、圧力4Pa、RFのパワー60Wのエッチング条件で、石英基板81を5分で61nmにエッチングする。続いて、基板81にフォトレジストを塗布して第2回目のレジストパターン84を形成する。このときのアライメント精度は、クロム膜82のパターンの線幅の半分の値でよい

ので、通常の露光装置で達成することができる。これは他の実施例も含めて、第2回目以降の全てのパターンニングに適用可能である。

【0053】次に、図8の工程(5)において、クロム膜82のパターン及びレジストパターン84をマスクとして、石英基板81を61nmエッチングする。図8の工程(6)においてレジスト84を剥離した後に、再びフォトレジストを塗布して第3回目のレジストパターン85を形成する。そして、図8の工程(7)において、クロム膜82及びレジストパターン85をマスクとして石英基板81を61nmエッチングする。レジスト85を剥離した後に、再びフォトレジストを塗布して第4回目のレジストパターン86を形成する。

【0054】図8の工程(8)において、レジストパターン86及びクロム膜82のパターンをマスクとして、石英基板81を61nmエッチングする。次に、図8の工程(9)において、ネガレジストを塗布し背面から露光し現像すると、図8の工程(10)に示すように、クロムパターンのないところのみレジストパターン87を残すことができる。このとき、クロムパターン自体がネガレジスト露光のコンタクトマスクとなるので、完全に正確なアライメントを行うことができる。

【0055】次に、この上にフォトレジストを塗布し、図8の工程(11)に示すように第5回目のレジスト88を形成する。図8の工程(12)において、レジストパターン87、88に覆われない部分のクロム膜を、例えば硝酸セリウムアンモニウムと過塩素酸と水の混合液を用いてエッチングにより除去する。更に、図9の工程(13)においてレジスト87、88をマスクとして、工程(3)と同じRIE装置及びエッチングガスを用い、工程(3)と同じエッチング条件で石英基板81を30分で366nmエッチングする。図9の工程(14)において、レジストパターン87、88をアッシング法により除去した後に、ネガレジストを塗布し背面から露光する。図9の工程(15)においてこれを現像すると、クロムパターンのないところのみレジストパターン89を残すことができる。

【0056】図9の工程(16)において、この上にフォトレジストを塗布して第6回目のレジスト90を形成する。図9の工程(17)において、レジストパターン89、90に覆われない部分のクロム膜を工程(12)と同じ混合液を用いてエッチングにより除去する。次に、図9の工程(18)においてレジスト89、90をマスクとして、工程(3)と同じRIE装置及びエッチングガスを用い、工程(3)と同じ石英基板81をエッチング条件でエッチング時間20分で244nmエッチングする。図9の工程(19)において、レジストパターン89、90をアッシング法により除去する。図9の工程(20)において、ネガレジストを塗布し背面から露光して現像すると、図9の工程(21)に示すようにクロムパターンのないところのみレジストパターン91を残すことができる。

【0057】次に、この上にフォトレジストを塗布し、第7回目のフォトレジスト92を形成する。図9の工程(22)において、レジストパターン91、92に覆われない部分のクロム膜を工程(12)と同じ混合液を用いてエッチングにより除去する。図9の工程(23)においてネガレジスト91、92をマスクとして、工程(3)と同じRIE装置及びエッチングガスを用い、工程(3)と同じエッチング条件で石英基板81をエッチング時間10分で122nmエッチングする。次に、図9の工程(24)において、レジストパターン91、92をアッシング法により除去する。クロム膜82のパターンを工程(12)と同じ混合液を用いてエッチングし、図9の工程(25)に示すような8段の回折光学素子又は回折光学素子作製のモールド型が完成する。

【0058】このようにして完成した最小線幅が0.35 μ m、1段の段差が61nmの回折光学素子を、使用波長248nmで回折効率を測定した結果、反射による損失を除いた回折効率は93%であり、理論値に対して2%の回折効率低下量であった。この2%の回折効率低下の主要因は、最初のクロムパターンの線幅誤差によるものである。

【0059】図10、図11は第7の実施例の回折光学素子の製造工程の断面図を示す。図10の工程(1)～工程(3)は第6の実施例の図9の工程(1)～図9の工程(3)と同様で、第1回目のレジストパターン83を形成してクロムパターンを完成する。

【0060】図10の工程(4)において、石英基板81にフォトレジストを塗布し、第2回目のレジストパターン93を形成する。次に、図10の工程(5)において、レジストパターン93及びクロム膜82のパターンをマスクとして石英基板81を366nmエッチングする。図10の工程(6)において、レジスト93を剥離した後に再びフォトレジストを塗布し、第3回目のレジストパターン94を形成する。図10の工程(7)において、レジストパターン94及びクロム膜82のパターンをマスクとして石英基板81を244nmエッチングする。次に、フォトレジスト94を剥離した後に、再びフォトレジストを塗布し、第4回目のレジストパターン95を形成する。

【0061】図10の工程(8)において、レジストパターン95及びクロム膜82のパターンをマスクとして石英基板81を122nmエッチングする。図10の工程(9)において、レジスト95を剥離した後にポリイミド膜96を全面にスピンコート法により約1 μ m塗布する。次に、酸素プラズマアッシング法によりポリイミド膜96をクロム膜82のパターンの表面が露出するまでエッチバックする。図10の工程(10)においてレジストパターンを塗布し、リソグラフィ法により第5回目のレジストパターン97を形成する。図10の工程(11)において、レジストパターン97及びポリイミド膜96に覆

われない部分のクロム膜を、例えば硝酸セリウムアンモニウムと過塩素酸と水の混合液を用いてエッチングにより除去する。図10の工程(12)において、レジストパターン97及びポリイミド膜96をマスクとして、平行平板型のRIE装置によりCF₄と水素の混合ガスを用いて、例えばCF₄の流量20cm³/分、水素の流量3cm³/分、圧力4Pa、RFのパワー60Wのエッチング条件で、石英基板81をエッチング時間30分で366nmエッチングする。

【0062】図11の工程(13)において、レジストパターン97及びポリイミド膜96を剥離した後に、ポリイミド膜98を全面にスピンコート法により約1 μ m塗布する。図11の工程(14)において、酸素プラズマアッシング法によりポリイミド膜98をクロム膜82のパターンの表面が露出するまでエッチバックする。次に、図11の工程(15)においてレジストパターンを塗布し、リソグラフィ法により第6回目のレジストパターン99を形成する。図11の工程(16)において、レジストパターン99及びポリイミド膜98に覆われない部分のクロム膜2を、工程(11)と同じ混合液を用いてエッチングにより除去する。

【0063】図11の工程(17)において、レジストパターン99及びポリイミド膜98をマスクとして、石英基板81を例えば工程(12)と同じRIE装置及びエッチングガスを用いて、同じエッチング条件で20分で244nmエッチングする。図11の工程(18)において、レジストパターン99及びポリイミド膜98を剥離する。その後図11の工程(19)において、ポリイミド膜100を全面にスピンコート法により約1 μ m塗布する。図11の工程(20)において、酸素プラズマアッシング法によりポリイミド膜100をクロム膜82のパターンの表面が露出するまでエッチバックする。次に、図11の工程(21)においてレジストパターンを塗布し、リソグラフィ法により第7回目のレジストパターン101を形成する。

【0064】次に、図11の工程(22)において、レジストパターン101及びポリイミド膜100に覆われない部分のクロム膜102を、工程(11)と同じ混合液を用いてエッチングにより除去する。図11の工程(23)において、レジストパターン101及びポリイミド膜100をマスクとして、工程(12)と同じRIE装置及びエッチングガスを用いて、工程(12)と同じエッチング条件で石英基板81を10分で122nmエッチングする。図11の工程(24)において、レジストパターン101及びポリイミド膜100をアッシング法により除去する。クロム膜82のパターンを工程(11)と同じ混合液を用いてエッチングし、図11の工程(25)に示すような、8段の回折光学素子又は回折光学素子作製の型の型が完成する。

【0065】図12、図13は第8の実施例の光CVD法による回折光学素子の製造工程の断面図を示す。図1

2の工程(1)において、先ず石英基板81上にスパッタリング法によりクロム膜102を100nmの厚みに成膜し、続いて酸化クロム膜103を20~30nm成膜する。この酸化クロム層により、露光光Lの石英基板81による反射が減少してパターンニング精度が向上する。図12の工程(2)において、この基板81にフォトレジストを塗布し、ライン及びスペースの幅を0.35 μ mとして第1回目のレジストパターン104を形成する。続いて、レジストパターン104をマスクとしてクロム膜102及び酸化クロム膜103を、平行平板型のRIE装置により塩素ガス又は塩素ガスと酸素の混合ガスを用いてエッチングする。次にレジスト104を剥離し、図12の工程(3)に示すような酸化クロム/クロムのパターンが完成する。この酸化クロム/クロムパターンにより、以下に示す工程を経て全ての段の位置が規定される。

【0066】図12の工程(4)において、クロム膜102及び酸化クロム膜103によるパターンをマスクとして、例えば平行平板型のRIE装置により CF_4 と水素の混合ガスを用いて、例えば CF_4 の流量20cm³/分、水素の流量3cm³/分、圧力4Pa、RFのパワー60Wのエッチング条件で、石英基板81を5分で61nmエッチングする。基板81にフォトレジストを塗布し、第2回目のレジストパターン105を形成する。続いて、図12の工程(5)において、レジストパターン105、クロム膜102、酸化クロム膜103のパターンをマスクとして石英基板81を366nmエッチングする。図12の工程(6)において、フォトレジスト105を剥離した後に再びフォトレジストを塗布し、第3回目のレジストパターン106を形成する。

【0067】図12の工程(7)において、レジストパターン106、クロム膜102、酸化クロム膜103のパターンをマスクとして石英基板81を244nmエッチングする。次に、図12の工程(8)において、フォトレジスト106を剥離した後に、再びフォトレジストを塗布して第4回目のレジストパターン107を形成する。そして、レジストパターン107、クロム膜102、酸化クロム膜103のパターンをマスクとして石英基板81を122nmエッチングする。次に、図12の工程(9)において、レジストパターン107を酸素プラズマアッシング又は剥離液により除去する。

【0068】図12の工程(10)において、工程(9)の状態の基板を $Al_2(C_2H_5)_6$ ガス中で背面から紫外線、例えばKrFレーザ光で露光する。このようにすると、クロム膜102、酸化クロム膜103のパターンのない部分のみにアルミニウム膜108を100~20nm成膜することができる。このとき、裏面にもアルミニウム膜109が析出している。図12の工程(11)において、この上にレジストパターン膜110を塗布した後に、燐酸と硝酸と酢酸と水の混合液で、裏面のアルミニウム膜

109を除去する。図12の工程(12)において、レジストパターン110を除去した後に、この上にフォトレジストを塗布し、露光、現像することにより、第5回目のレジスト111を形成する。

【0069】図12の工程(13)において、レジストパターン111及びアルミニウム膜108に覆われていない部分のクロム膜102、酸化クロム膜103をエッチングにより除去する。図12の工程(14)において、レジストパターン111及びアルミニウム膜108をマスクとして、工程(4)と同じRIE装置及びエッチングガスを用いて、同じエッチング条件で石英基板81を30分で366nmエッチングする。

【0070】図13の工程(15)において、レジストパターン111をアッシング法又は剥離液により除去し、アルミニウム膜108を工程(11)と同じ混合液でエッチングし除去した後に、基板を $Al_2(C_2H_5)_6$ ガス中で背面から紫外線、例えばKrFレーザ光で露光する。このようにして、クロム膜102、酸化クロム膜103のパターンのない部分のみに、アルミニウム膜112を20~30nm成膜することができるが、このとき裏面にもアルミニウム膜113が析出している。図13の工程(16)において、この上にレジストパターン膜114を塗布した後に、工程(11)と同じ混合液で裏面のアルミニウム膜113を除去する。図13の工程(17)においてレジストパターン膜114を除去した後に、この上にフォトレジストを塗布して、露光、現像することにより第6回目のレジスト115を形成する。

【0071】図13の工程(18)において、レジストパターン115及びアルミニウム膜112に覆われない部分のクロム膜102、酸化クロム膜103を例えば硝酸セリウムアンモニウムと過塩素酸と水の混合液を用いてエッチングにより除去する。次に、図13の工程(19)において、レジストパターン115及びアルミニウム膜112をマスクとして、工程(4)と同じRIE装置及びエッチングガスを用いて、同じエッチング条件で石英基板81を20分で244nmエッチングする。レジストパターン115をアッシング法又は剥離液により除去し、アルミニウム膜112を工程(11)と同じ混合液でエッチングして除去すると、図13の工程(20)に示す状態となる。

【0072】この石英基板81を $Al_2(C_2H_5)_6$ ガス中で背面から紫外線、例えばKrFレーザ光で露光する。このようにして、図13の工程(21)に示すように、クロム膜102、酸化クロム膜103のパターンのない部分のみにアルミニウム膜116を10~20nm成膜することができる。このとき、裏面にもアルミニウム膜117が析出している。図13の工程(22)において、この上にレジストパターン膜118を塗布した後に、工程(11)と同じ混合液で裏面のアルミニウム膜117を除去する。図13の工程(23)において、レジストパターン膜

118を除去した後に、この上にフォトレジストを塗布し、露光、現像することにより第7回目のレジストパターン119を形成する。

【0073】図13の工程(24)において、レジストパターン119及びアルミニウム膜116に覆われていない部分のクロム膜102及び酸化クロム膜103を、工程(18)と同じ混合液を用いてエッチングにより除去する。図13の工程(25)において、レジストパターン119及びアルミニウム膜116をマスクとして、工程(4)と同じRIE装置エッチングガスを用いて、同じエッチング条件で石英基板81を10分で122nmエッチングする。図13の工程(26)において、レジストパターン膜119をアッシング法又は剥離液により除去し、アルミニウム膜116を工程(11)と同じ混合液でエッチングし除去する。図13の工程(27)において、クロム膜102、酸化クロム膜103を工程(18)と同じ混合液を用いてエッチングして、8段の回折光学素子又は回折光学素子作製の型が完成する。

【0074】このようにして完成した最小線幅が0.35 μ m、1段の段差が61nmである回折光学素子の回折効率を、使用波長248nmで測定した結果、反射による損失を除いた回折率は93%であり、理論値に対して2%の回折効率低下量であった。この2%の回折効率低下の主要因は、最初のクロムパターンの線幅誤差とエッチングの再現性不良によるものである。

【0075】図14、図15は第9の実施例のアルミニウムを用いたダマシン法による回折光学素子の製造工程の断面図を示す。第6の実施例と同様に、図14の工程(1)において石英基板81にフォトレジストを塗布し、図14の工程(2)においてフォトリソグラフィにより第1回目のレジストパターン83を形成し、図14の工程(3)においてレジストパターン83をマスクとしてクロム膜82をエッチングする。

【0076】次に、図14の工程(4)においてクロム膜82によるパターンをマスクとして、石英基板81を61nmエッチングする。更に、石英基板81にフォトレジストを塗布し、フォトリソグラフィにより第2回目のレジストパターン120を形成する。図14の工程(5)において、レジストパターン120及びクロム膜82のパターンをマスクとして石英基板81を366nmエッチングする。図14の工程(6)において、フォトレジスト120を剥離した後に再びフォトレジストを塗布し、フォトリソグラフィにより第3回目のレジストパターン121を形成する。図14の工程(7)において、レジストパターン121及びクロム膜82のパターンをマスクとして石英基板81を244nmエッチングする。次に、フォトレジスト121を剥離した後に、再びフォトレジストを塗布し、第4回目のレジストパターン122を形成する。

【0077】図14の工程(8)において、レジストパ

ターン122及びクロム膜82のパターンをマスクとして石英基板81を122nmエッチングする。そして、レジストパターン122を酸素プラズマアッシング又は剥離液により除去する。図14の工程(9)において、スパッタリング法によりアルミニウム膜123を1.5 μ mの厚みに成膜する。そして、粒径5/100 μ mの酸化セリウム研磨剤とウレタンシート研磨布を用いて、ラップ盤により研磨条件30rpm、50g/cm²で、アルミニウム膜123をクロム膜82の表面が露出するまで研磨すると、図14の工程(10)に示すような状態となる。図14の工程(11)において、この上にフォトレジストを塗布し、露光、現像することにより第5回目のレジスト124を形成する。図14の工程(12)において、レジストパターン124及びアルミニウム膜123に覆われない部分のクロム膜102のパターンを、例えば硝酸セリウムアンモニウムと過塩素酸と水の混合液を用いてエッチングにより除去する。

【0078】図14の工程(13)において、レジストパターン124及びアルミニウム膜123をマスクとして、平行平板型のRIE装置によりCF₄と水素の混合ガスを用いて、例えばCF₄の流量20cm³/分、水素の流量3cm³/分、圧力4Pa、RFパワー60W、のエッチング条件で、石英基板81を30分で366nmエッチングする。図15の工程(14)においてレジストパターン膜124及びアルミニウム膜123を除去した後に、スパッタリング法によりアルミニウム膜125を1.5 μ mの厚みに成膜する。次に、工程(9)と同じラップ盤を用いて同じ条件で、アルミニウム膜125をクロム膜82の表面が露出するまで研磨すると、図15の工程(15)に示すような状態となる。図15の工程(16)においてこの上にフォトレジストを塗布し、露光、現像することにより第5回目のフォトレジスト126を形成する。

【0079】図15の工程(17)において、レジストパターン膜126及びアルミニウム膜125に覆われない部分のクロム膜82を、工程(11)と同じ混合液を用いてエッチングにより除去する。図15の工程(18)において、レジストパターン膜126及びアルミニウム膜125をマスクとして、工程(13)と同じRIE装置及びエッチングガスを用いて同じエッチング条件で、石英基板81を20分で244nmエッチングする。

【0080】次に、レジストパターン膜126をアッシング法又は剥離液により除去し、アルミニウム膜125を硝酸と硝酸と酢酸と水の混合液でエッチングして除去し、図15の工程(19)に示すような状態となる。次に、図15の工程(20)において、スパッタリング法によりアルミニウム膜127を1.5 μ mの厚みに成膜する。工程(9)と同じラップ盤を用いて同じ条件でアルミニウム膜127をクロム膜82の表面が露出するまで研磨すると、図15の工程(21)に示すような状態となる。図15

の工程(22)においてこの上にフォトリソを塗布し、露光、現像することにより第6回目のレジスト128を形成する。

【0081】図15の工程(23)において、レジストパターン48及びアルミニウム膜127に覆われない部分のクロム膜102を、工程(11)と同じ混合液を用いて除去する。次に、図15の工程(24)において、レジストパターン28及びアルミニウム膜127をマスクとして、工程(13)と同じRIE装置及びエッチングガスを用いて、同じエッチング条件で石英基板81を10分で122nmエッチングする。次に、レジストパターン48をアッシング法又は剥離液により除去し、アルミニウム膜127を工程(19)と同じ混合液でエッチングして除去して、図15の工程(25)に示す状態となる。図15の工程(26)において、クロム膜102を工程(11)と同じ混合液を用いてエッチングして、8段の回折光学素子又は回折光学素子作製の型が完成する。

【0082】このようにして完成した最小線幅が0.35 μ m、1段の段差が61nmである回折光学素子を、使用波長248nmで回折効率を測定した結果、反射による損失を除いた回折効率は93%であり、理論値に対して2%の回折効率低下量であった。この2%の回折効率低下の主要因は、最初のクロムパターンの線幅誤差とエッチングの再現性不良によるものである。

【0083】図16は第10の実施例の反射型階段状回折光学素子の断面図を示す。第6の実施例の方法により作製した図8、図9に示すような階段状基板、第7の実施例による方法により作製した図10、図11に示すような階段状基板、第8の実施例の方法により作製した図12、図13に示すような階段状基板、又は第9の実施例の方法により作製した図14、図15に示すような階段状基板上に、スパッタリング法によりアルミニウム膜129を100nm成膜することにより、図16に示すような反射型の階段状回折光学素子が完成する。

【0084】この完成した最小線幅が0.35 μ m、1段の段差が30.5nmである回折光学素子の回折効率を、使用波長248nmで測定した結果、回折効率は91%であり、理論値に対して4%の回折効率低下量であった。この4%の回折効率低下の主要因は、最初のクロムパターンの線幅誤差とエッチングの再現性不良、及びスパッタリングによる段差部形状のなまりによるものである。

【0085】図17、図18、図19は第11の実施例の回折光学素子の製造工程の断面図を示す。図17、図18の工程(1)～(24)の工程は、エッチング厚さ及びエッチング時間以外は第1の実施例の図8、図9の工程(1)～工程(24)と全く同様なので、次に相違点のみを列挙し、詳しい説明は省略する。

【0086】図17の工程(3)において、クロム膜82によるパターンをマスクとして、石英基板81をエッチ

ング時間2.5分で30.5 μ mエッチングする。

【0087】図17の工程(13)において、レジストパターン87、88をマスクとして、石英基板81をエッチング時間15分で183 μ mエッチングする。

【0088】図18の工程(18)において、レジストパターン89、90をマスクとして、石英基板81をエッチング時間10分で122 μ mエッチングする。

【0089】図18の工程(24)において、レジストパターン91、92をマスクとして、石英基板81をエッチング時間5分で61 μ mエッチングする。

【0090】以上の条件により、ネガレジストを背面露光する技法を用いて、図18の工程(24)に示すような状態の基板81が形成される。なお、背面露光技法ではなくアルミニウムを用いたダマシン法、エッチバック法、裏面照射による光CVD法等の技法を用いても支障はない。

【0091】図19の工程(25)において、スパッタリング法によりアルミニウム膜130を1.5 μ mの厚みに成膜する。次に、ダマシン法により例えば粒径5/100 μ の酸化セリウム研磨剤とウレタンシートの研磨布を用いて、ラップ盤により研磨条件30rpm、50g/cm²で、アルミニウム膜130をクロム膜82の表面が露出するまで研磨すると、図19の工程(26)に示すような状態となる。なお、アルミニウムを用いたダマシン法ではなく、ネガレジストを背面露光する技法、エッチバック法、裏面照射による光CVD法等の技法を用いてもよい。図19の工程(27)において、この上にフォトリソを塗布して露光、現像することにより、第7回目のレジストパターン131を形成する。

【0092】図19の工程(28)において、レジストパターン131及びアルミニウム膜130に覆われない部分のクロム膜82を、例えば硝酸セリウムアンモニウムと過塩素酸と水の混合液を用いてエッチングにより除去する。図19の工程(29)において、この上にフォトリソを塗布して露光、現像することにより、第8回目のレジストパターン132を形成する。次に、この状態からレジストパターン132に覆われない部分のアルミニウム膜130を、リン酸と硝酸と酢酸と水の混合液でエッチングし除去すると、図19の工程(30)に示すような状態となる。

【0093】図19の工程(31)において、フォトリソ132を剥離液又は酸素プラズマアッシング法により除去する。図19の工程(32)においてクロム膜82及びアルミニウム膜130をマスクとして、例えば平行平板型のRIE装置及びCF₄と水素の混合ガスを用いて、例えばCF₄の流量20cm³/分、水素の流量3cm³/分、圧力4Pa、RFのパワー60Wのエッチング条件で、石英基板81を20分で244nmエッチングする。次に、アルミニウム膜130を工程(30)と同じ混合液でエッチングし除去し、図19の工程(33)に示すよ

うな状態となる。続いて、クロム膜82を工程(28)と同じ混合液を用いてエッチングにより除去して、図19の工程(34)に示すような16段の階段状回折光学素子が完成する。

【0094】このようにして完成した最小線幅が $0.35\mu\text{m}$ 、1段の段差 30.5nm である回折光学素子の回折効率を、使用波長 248nm で測定した結果、反射による損失を除いた回折効率は 97% であり、理論値に対して 2% の回折効率低下量であった。この 2% の回折効率低下の主要因は、最初のクロムパターン線の線幅誤差及びエッチング深さのエラーによるものである。

【0095】図20、図21は第12の実施例の回折光学素子の製造工程の断面図を示す。図20の工程(1)に示す石英基板81上に、クロム膜82をスパッタリング法により 100nm の厚さに成膜し、図20の工程(2)に示す状態とする。この石英基板81にフォトリソグロフィ法によりライン及びスペースの幅を共に $0.35\mu\text{m}$ として、第1回目のレジストパターンを形成する。続いて、レジストパターンをマスクにクロム膜82を、平行平板型のRIE装置及び塩素ガス又は塩素ガスと酸素の混合ガスを用いてエッチングする。次に、フォトリソグロフィ法によりレジストを剥離して、図20の工程(3)に示すようなクロム膜82によるパターンが完成する。このクロム膜82のパターンにより、以下に示す工程を経て全ての段の位置が規定される。

【0096】図20の工程(4)において、石英基板81をクロム膜82によるパターンをマスクに、例えば平行平板型のRIE装置及び CF_4 と水素の混合ガスを用い、 CF_4 の流量 $20\text{cm}^3/\text{分}$ 、水素の流量 $3\text{cm}^3/\text{分}$ 、圧力 4Pa 、RFのパワー 60W のエッチング条件で、エッチング時間5分で 61nm エッチングする。続いて、図20の工程(5)において石英基板81にフォトリソグロフィ法により第2回目のレジストパターン133を形成する。図20の工程(6)において、レジストパターン133及びクロム膜82のパターンをマスクとして、石英基板81を 122nm エッチングする。次に、レジストパターン133を剥離すると、図20の工程(7)に示すような状態となる。

【0097】次に、図20の工程(8)においてスパッタリング法により、アルミニウム膜134を $1.5\mu\text{m}$ の厚みに成膜する。アルミニウム膜134を例えば粒径 $5/100\mu\text{m}$ の酸化セリウム研磨剤及びウレタンシート研磨布を用いて、ラップ盤により 30rpm 、 $50\text{g}/\text{cm}^2$ の研磨条件で、クロム膜82の表面が露出するまで研磨すると、図20の工程(9)に示すような状態となる。次に、図20の(10)において、この上にフォトリソグロフィ法によりレジストを塗布して露光、現像することにより、第5回目のフォトリソグロフィパターン135を形成する。続いて、図20の(11)において、レジストパターン135及びアル

ミニウム膜134に覆われない部分のクロム16を、例えば硝酸セリウムアンモニウムと過塩素酸と水の混合液を用いてエッチングにより除去する。

【0098】図20の工程(12)において、レジストパターン135及びアルミニウム膜134をマスクとして、工程(4)と同じRIE装置及びエッチングガスを用いて同じエッチング条件で石英基板81を 10分 で 122nm エッチングする。続いて、レジストパターン135を剥離液又はプラズマアッシング法により除去し、アルミニウム膜134を硝酸と酢酸と水の混合液によりエッチングして除去すると、図20の工程(13)に示すような状態となる。

【0099】次に、工程(13)の状態の石英基板81を、 $\text{Al}_2(\text{CH}_3)_6$ ガスと酸素ガス中で背面より紫外線、例えばKrFレーザーで露光する。このようにすると、クロム膜82のない部分のみに酸化アルミニウム膜136が 500nm の厚さに成膜され、裏面にも酸化アルミニウム膜136が析出する。なお、裏面の酸化アルミニウム膜136が不要な場合は、図20の工程(14)に示すように表面をレジストで覆って硝酸により除去すればよい。図21の工程(15)において、フォトリソグロフィ法によりレジスト137を塗布する。図21の工程(16)において、露光、現像することにより第5回目のレジストパターン138を形成する。

【0100】図21の工程(17)において、レジストパターン138に覆われない部分の酸化アルミニウム膜136を硝酸により除去する。図21の工程(18)においてレジストパターン138を剥離液又はプラズマアッシング法により除去し、図21の工程(19)においてフォトリソグロフィ法によりレジスト139を塗布する。次に、図21の工程(20)において、フォトリソグロフィ法によりレジストパターン140を形成する。図21の工程(21)において、レジストパターン140に覆われない部分のクロム膜82を工程(1)と同じ混合液を用いてエッチングにより除去する。次に、レジストパターン140を剥離して図21の工程(22)に示すような状態となる。

【0101】図21の工程(23)において、クロム膜82及び酸化アルミニウム膜136をマスクして、石英基板81を工程(4)と同じRIE装置及び CF_4 と水素の混合ガスを用いて、同じエッチング条件でエッチング時間 20分 で 244nm エッチングする。図21の工程(24)において酸化アルミニウム膜136を硝酸によりエッチングし、最後にクロム膜82を例えば工程(11)と同じ混合液を用いてエッチングにより除去し、階段状基板上にスパッタリング法によりアルミニウム膜49を 100nm の厚みに成膜すると、図21の工程(25)に示すような反射型の階段状回折光学素子が完成する。

【0102】このようにして完成した最小線幅が $0.35\mu\text{m}$ 、1段の段差が 61nm である回折光学素子の回折効率を、使用波長 248nm で測定した結果、反射に

よる損失を除いた回折効率率は91%で、理論値に対して4%の回折効率低下量であった。この2%の回折効率低下の主要因は、最初のクロムパターンの線幅誤差とエッチングの再現性不良等によるものである。なお、従来例により作製した回折光学素子の回折光率は76%であり、本発明の有効性は明らかである。

【0103】図22は第13の実施例の樹脂製の階段状回折光学素子の製造工程の断面図を示す。図8、図9に示す第6の実施例の階段状基板、図10、図11に示す第7の実施例の階段状基板、図12、図13に示す第8の実施例の階段状基板、又は図14、図15に示す第9の実施例の階段状基板を型とする。

【0104】先ず、図22の工程(1)において、シリジ150から硝子基板151上に、アクリル系やエポキシ系等の紫外線硬化型樹脂又は熱硬化型樹脂の反応硬化型樹脂152を滴下する。次に、図22の工程(2)、工程(3)に示すように階段状基板型153を樹脂152の上から押し付けて、レプリカ層154を形成する。なお、型となる階段状基板型153を樹脂152に押し付ける前に階段状基板型153の表面に必要な応じて離型剤を塗布しておく。

【0105】次に、紫外線硬化型樹脂の場合は型となる階段状基板型153側から紫外線を照射して、樹脂を固化させる。また、熱硬化型樹脂の場合には加熱処理により樹脂を固化させる。そして、階段状基板型153を剥離すると、図22の工程(4)に示すような階段状回折光学素子155が完成する。

【0106】このようにして完成した最小線幅が0.35 μ m、1段の段差が120nmである回折光学素子の回折効率を、使用波長500nmで測定した結果、回折効率は90%であり、理論値に対して5%の回折効率低下量であった。この5%の回折効率低下の主要因は、最初のクロムパターンの線幅誤差とエッチングの再現性不良、及び樹脂147の収縮等によるものである。

【0107】図23、図24、図25は第14の実施例の階段状回折光学素子の製造工程の断面図を示す。先ず、図23の工程(1)において、石英基板161上にクロム膜162をスパッタリング法により100nmの厚さに成膜する。また、パターニングの解像力向上のためクロム膜162上に20~30nmの酸化クロム膜等の反射防止膜を設けてもよい。

【0108】図23の工程(2)において、石英基板161にフォトリソを塗布し、第1回目のレジストパターン163を形成する。このときのライン及びスペースの幅は共に、0.35 μ mである。続いて、図23の工程(3)においてレジストパターン163をマスクにクロム膜162をエッチングする。このときのエッチングは例えば平行平板型のRIE装置を使用して、エッチングガスには例えば塩素ガス又は塩素ガスと酸素の混合ガスを用いる。次に、レジストパターン163を酸素アッシ

ング法又は剥離液により剥離する。そして、クロム膜162により以下に示す工程を経て、全ての段の位置が規定される。

【0109】図23の工程(4)において、クロム膜162によるパターンをマスクに、石英基板161を61nmエッチングする。このときのエッチングには例えば平行平板型のRIE装置を用い、エッチングガスは例えばCF₄と水素の混合ガスを用いる。エッチング条件は例えばCF₄流量20cm³/分、水素流量3cm³/分、圧力4Pa、RFパワー60W、エッチング時間5分とする。

【0110】続いて、図23の工程(5)において、石英基板161上にフォトリソを塗布し、第2回目のレジストパターン164を形成する。このときのアライメント精度はクロム膜162によるパターンの線幅の半分あればよく、通常の露光装置であれば間違いなく達成できる値である。このことは、以下の他の実施例も含め、全ての2回目以降のパターニングに当てはまる。次に図23の工程(6)において、レジストパターン164及びクロム膜162をマスクに、石英基板161を61nmエッチングする。

【0111】図23の工程(7)において、フォトリソパターン164を剥離する。次に、図23の工程(8)において、ネガレジストを塗布し背面から露光する。これを現像すると図23の工程(9)に示すように、クロム膜162のないところのみにレジストパターン165を残すことができる。このとき、クロム膜162自体がネガレジスト露光のためのコンタクトマスクとなるために、完全に正確なアライメントになる。

【0112】次に、図24の工程(10)においてこの上にフォトリソを塗布し、第5回目のフォトリソパターン166を形成する。図24の工程(11)においてレジスト166、165に覆われない部分のクロム膜162をエッチングにより除去する。このエッチングには、例えば硝酸セリウムアンモニウム、過塩素酸、水の混合液を用いる。

【0113】図24の工程(12)において、レジスト166及びレジスト165をマスクに石英基板161を122nmエッチングする。このときのエッチングは例えば平行平板型のRIE装置を用いて、エッチングガスは例えばCF₄と水素の混合ガスを用いる。エッチング条件は例えばCF₄流量20cm³/分、水素流量3cm³/分、圧力4Pa、RFパワー60W、エッチング時間30分とする。

【0114】図24の工程(13)において、レジスト166、165をアッシング法により除去する。図24の工程(14)においてこの上にフォトリソを塗布し、フォトリソグラフィによりフォトリソパターン167を形成する。図24の工程(15)において、クロム膜162及びパターン167をマスクに基板161を244nm

エッチングする。

【0115】次に、ネガレジストを塗布し背面から露光し、これを現像すると図25の工程(16)に示すようにクロム膜162のないところのみにレジストパターン168を残すことができる。この上にフォトレジストを塗布し、図25の工程(17)においてフォトリソグラフィによりフォトレジストパターン169を形成する。図25の工程(18)において、パターン169、168に覆われない部分のクロム膜162をエッチングにより除去する。このエッチングには、例えば硝酸セリウムアンモニウム、過塩素酸、水の混合液を用いる。

【0116】図25の(19)において、パターン169、168をマスクに石英基板161を244nmエッチングする。図25の工程(20)において、パターン169、168をアッシング法により除去する。

【0117】図25の工程(21)においてクロム膜162をエッチングし、8段の回折光学素子又は回折光学素子作製の型が完成する。このエッチングには、例えば硝酸セリウムアンモニウム、過塩素酸、水の混合液を用いる。このようにして作製した回折光学素子はアライメントエラーがなく、高い回折効率を得られる。

【0118】図26、図27、図28は第15の実施例を示す。図26の工程(1)において、石英基板171上にクロム膜172をスパッタリング法により100nmの厚さに成膜する。また、パターンニングの解像力向上のためにクロム膜172上に20~30nmの酸化クロム膜等の反射防止膜を設けることもできる。この石英基板171にフォトレジストを塗布し、第1回目のレジストパターンを形成する。このときのライン及びスペースの幅は共に、0.35 μ mである。続いて、レジストパターンをマスクにクロム膜172をエッチングする。このときのエッチングは例えば平行平板型のRIE装置を使用し、エッチングガスは例えば塩素ガス又は塩素ガスと酸素の混合ガスを用いる。次に、レジストパターンを酸素アッシング法又は剥離液により、剥離する。そして、形成されたクロム膜172により以下に示す工程を経て、全ての段の位置が規定される。

【0119】図26の工程(2)において石英基板171にフォトレジストを塗布し、レジストパターン173を形成する。次に、クロム膜172によるパターンとレジストパターン173をマスクに、石英基板171を61nmエッチングする。このときのエッチングには例えば平行平板型のRIE装置を使用して、エッチングガスは例えばCF₄と水素の混合ガスを用いる。エッチング条件は例えばCF₄流量20cm³/分、水素流量3cm³/分、圧力4Pa、RFパワー60W、エッチング時間5分とする。このときのアライメント精度はこのクロム膜172の線幅の半分あればよく、通常の露光装置であれば間違いなく達成できる数値である。

【0120】図26の工程(3)において、石英基板17

1にフォトレジストを塗布し、レジストパターン174を形成する。続いて、レジストパターン174及びクロム膜172をマスクに石英基板171を183nmエッチングする。図26の工程(4)において、レジストパターン174を剥離し、図26の工程(5)においてネガレジスト175を塗布する。

【0121】図26の工程(6)において、石英基板171の背面から露光するとクロム膜172がコンタクトマスクとなり、ネガレジスト175に潜像部176が形成される。

【0122】図27の工程(7)において、レチクル176により所望の部分を覆い露光すると、クロム膜172を残すべき部分の上に潜像部であるネガレジストパターン178が形成されるので、これを現像すると図27の工程(8)の状態になる。図27の工程(9)においてレジストパターン178に覆われない部分のクロム膜172をエッチングにより除去する。このエッチングには、例えば硝酸セリウムアンモニウム、過塩素酸、水の混合液を用いる。

【0123】次に、図27の工程(10)において、ネガレジストパターン178をマスクに石英基板171を122nmエッチングする。このときのエッチングは例えば平行平板型のRIE装置を用い、エッチングガスは例えばCF₄と水素の混合ガスを用いる。

【0124】図27の工程(11)において、レジストパターン178をアッシング法により除去する。図27の工程(12)において、この上にフォトレジストを塗布し、フォトリソグラフィによりフォトレジストパターン178を形成する。図27の工程(13)において、クロム膜172及びパターン179をマスクに、基板171を244nmエッチングする。

【0125】図28の工程(14)において、ネガレジスト180を塗布し背面から露光するとクロム膜172がコンタクトマスクとなり、ネガレジスト180に潜像部であるレジストパターン181が形成される。図28の工程(15)において、レチクル182により所望の部分を覆い露光すると、クロム膜172を残すべき部分の上に潜像部183が形成され、これを現像すると図28の工程(16)に示す状態になる。図28の工程(16)において、潜像部183に覆われない部分のクロム膜172をエッチングにより除去する。このエッチングには、例えば硝酸セリウムアンモニウム、過塩素酸、水の混合液を用いる。

【0126】図28の工程(17)において、クロム膜172、レジストパターン181をマスクに石英基板171を244nmエッチングする。図28の工程(18)において、パターン181、潜像部183をアッシング法により除去する。

【0127】図28の工程(19)においてクロム膜172をエッチングし、8段の回折光学素子又は回折光学素子

作製の型が完成する。このエッチングには、例えば硝酸セリウムアンモニウム、過塩素酸、水の混合液を用いる。

【0128】図29は第16の実施例の半導体用露光装置であるステッパの構成図を示す。上方から、波長248nmの照明光学系200、レチクル201、結像光学系202、半導体基板Wを載置したステージ203が配置されており、結像光学系202内に色収差低減と非球面効果を持たせる目的で、第1の実施例の方法により作製した回折光学素子Dが組み込まれている。

【0129】このステッパにおいては、照明光学系200によりi線又はKr F等の紫外線をレチクル201に照射し、レチクル201に描かれたパターンを結像光学系202により、ステージ203上の半導体基板Wに5分の1の縮小倍率で描画する。

【0130】図30は回折光学素子Dの斜視図、図31はその断面形状の断面図を示す。この回折光学素子Dは光学的には凸レンズと同じ機能を有し、1段の段差が61nm、最外周の階段1段の幅が0.35μm、直径が120mmの4段の回折光学素子を表している。

【0131】階段状回折光学素子Dに入射した光は、主に1次、9次、17次の回折光に分かれて素子Dを透過する。この内、結像に関与するのは1次光のみで、入射光の93%を占めている。残りの数%が9次、17次であるが、結像に必要な1次光と回折次数が離れているので、これらの光は結像光学系の外側に向かい結像に大きく影響することはない。

【0132】従って、従来技術として説明した図32に示すような3枚のマスク17a~17cを使用して作製した同一条件（1段の段差61nm、最外周の階段1段の幅0.35μm、直径120mm）の従来例の8段数回折光学素子を用いた場合には、1次と9次の回折光の間に3次等の回折光が強く発生するために、不要光が像面に擬パターンを形成して像性能が劣化するが、本実施例の同一条件の8段数回折光学素子を用いることにより、この問題を回避することができる。

【0133】

【発明の効果】以上説明したように本発明に係る多段階状素子の作製方法又は該素子作製用モールド型の作製方法は、最初のリソグラフィ工程により形成する第1のマスクのパターンにより全ての段の位置を規定するので、位置ずれを生ずることのない正確なパターンを基板上に形成できる。

【0134】上記本発明に関連した好適な実施例である多段階状素子の作製方法又は該素子作製用モールド型の作製方法によれば、本発明において、少なくとも最初のリソグラフィ工程により形成される第1のマスクによりエッチングを行い、第1のマスクのエッジ部分に段差を形成する工程を含んでいるので、段数が多くとも正確な段差が形成できる。

【0135】上記本発明に関連した好適な実施例である多段階状素子の作製方法又は該素子作製用モールド型の作製方法によれば、本発明において、リソグラフィ工程によって基板上に3段以上の階段の繰り返しパターンを形成する方法において、互いに材質が異なる第1、第2のマスクを交互に形成する工程と、第3のマスクを用いて所望の第1のマスクを除去する工程と、所望の第1のマスクを除去した部分をエッチングする工程とを有することにより、アライメントエラーやパターン寸法エラーがなくなり、段差部分のコーナーの丸まりがなく線幅のエラーが少なくなって回折効率等の光学特性が向上し、かつ低次の回折光の発生を抑えて結像性能を向上した高精度な多段の階段状構造とすることができる。

【0136】上記本発明に関連した好適な実施例である多段階状素子の作製方法又は該素子作製用モールド型の作製方法によれば、本発明において、基板上の第1のマスクに基準となる周期を有するレジストパターンを形成し、レジストパターンのない開口部分にエッチングを行って回折パターンを形成し、これにより形成した凹部を第2のマスクにより埋めることによって、基準周期のライン部とスペース部を交互に配置し、定められた隣合う第1と第2の一对のマスクを除去して、残った第1及び第2のマスクをエッチングマスクとして基板の開口部分をエッチングする工程を繰り返して多段の階段状を形成することにより、アライメントエラーやパターン寸法エラーがなくなり、溝や突起のない高精度な多段の階段状構造を低価格かつ短時間で作製することができる。

【0137】また、上記本発明に関連した好適な実施例である多段階状素子の作製方法又は該素子作製用モールド型の作製方法によれば、本発明において、第2のマスクで第1のマスクの内の必要とする周期の部分以外を覆い、第2のマスクでマスクされていない部分の基板を所定の深さエッチングし、必要に応じてこの工程を繰り返した後に、第1のマスク間を第3のマスクで覆い、第3のマスク及び第4のマスクで、第1のマスクの内の必要とする周期の部分以外を覆い、前記第3のマスク及び第4のマスクでマスクされていない部分の前記第1のマスクを除去した後に、前記基板を所定の深さエッチングし、必要に応じてこの工程を繰り返すことにより、アライメントエラーやパターン寸法エラーがなくなり、段差部分のコーナーの丸まりがなく線幅のエラーが少なくなって回折効率等の光学特性が向上し、かつ低次元の回折光の発生を抑えて結像性能を向上した高精度な多段の階段状構造を作製することができる。

【0138】上記本発明に関連する好適な実施例である多段階状素子の作製方法又は該素子作製用モールド型の作製方法によれば、本発明において、第1のマスクに覆われない部分の基板を所定の深さエッチングし、第2のマスクで第1のマスクの内の必要とする周期部分以外を覆い、マスクされていない部分の基板を所定の深さエ

ッチングする工程を繰り返した後に、第1のマスク間を第3のマスクで覆い、第3のマスクと第4のマスクで第1のマスクの内の必要とする周期部分以外を覆い、マスクされていない部分の第1のマスクを除去して、基板を所定の深さエッチングし、必要に応じてこの工程を繰り返すことにより、アライメントエラーやパターン寸法エラーがなくなり、段差部分のコーナーの丸まりがなく線幅のエラーが少なくなって回折効率等の光学特性が向上し、かつ低次元の回折光の発生を抑えて結像性能を向上した高精度な多段の階段状構造を低価格でかつ短時間で安定して作製することができる。

【0139】上記本発明に関連した好適な実施例である多段階段状素子の作製方法又は該素子作製用モールド型の作製方法によれば、本発明において、第1のマスクに覆われない部分の基板を所定の深さエッチングし、第2のマスクで第1のマスクの内の必要とする周期部分以外を覆い、マスクされていない部分の基板を所定の深さエッチングする工程を繰り返した後に、第1のマスク間を第3のマスクで覆い、第3のマスクと第4のマスクで第1のマスクの内の必要とする周期部分以外を覆い、マスクされていない部分の第1のマスクを除去して基板を所定の深さエッチングする工程を必要に応じて繰り返した後に、第3と第4のマスクを除去し、第1のマスクの間を第5のマスクで覆い、続いて第6のマスクで第1のマスクを1つおきに覆い、第5と第6のマスクに覆われない部分の第1のマスクを除去し、続いて第7のマスクで第5のマスクを1つおきに覆い、第7のマスクに覆われない部分の第5のマスクを除去し、第5のマスクと第1のマスクに覆われない部分の基板を所定の深さエッチングし、最後に残りの第5のマスクと第1のマスクを除去する工程を行うことにより、アライメントエラーやパターン寸法エラーがなくなり、段差部分のコーナーの丸まりがなく線幅のエラーが少なくなって回折効率等の光学特性が向上し、かつ低次の回折光の発生を抑えて結像性能を向上した高精度な多段の階段状構造を低価格でかつ短時間で安定して作製することができる。

【0140】本発明に係る多段階段状素子の作製方法又は該素子作製用モールド型の作製方法は、2段を越える段数の階段を有する多段階段状素子又は該素子作製用モールド型を作成する場合において、前記階段の1段おきに対応する基板上の領域に第1のマスクを形成すると共に該第1のマスクが形成されていない前記基板上の領域に対してエッチング及び／又はデポジションを行う工程と、前記第1のマスクが形成されていない領域の内の一部の前記基板上の領域に第2のマスクを形成し、前記第1、第2のマスクが形成されていない前記基板上の領域に対してエッチング及び／又はデポジションを行う工程とを有するので、高精度な多段の階段状構造を低価格でかつ短時間で作製することができる。

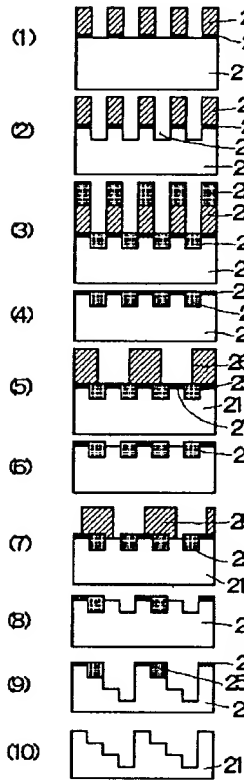
【図面の簡単な説明】

- 【図1】第1の実施例の作製工程の断面図である。
 - 【図2】第2の実施例の作製工程の断面図である。
 - 【図3】第3の実施例の作製工程の断面図である。
 - 【図4】第4の実施例の反射型回折光学素子の断面図である。
 - 【図5】第5の実施例の回折光学素子の断面図である。
 - 【図6】投影光学系の構成図である。
 - 【図7】投影露光装置の構成図である。
 - 【図8】第6の実施例の作製工程の断面図である。
 - 【図9】第6の実施例の作製工程の断面図である。
 - 【図10】第7の実施例の作製工程の断面図である。
 - 【図11】第7の実施例の作製工程の断面図である。
 - 【図12】第8の実施例の作製工程の断面図である。
 - 【図13】第8の実施例の作製工程の断面図である。
 - 【図14】第9の実施例の作製工程の断面図である。
 - 【図15】第9の実施例の作製工程の断面図である。
 - 【図16】第10の実施例の反射型回折光学素子の断面図である。
 - 【図17】第11の実施例の作製工程の断面図である。
 - 【図18】第11の実施例の作製工程の断面図である。
 - 【図19】第11の実施例の作製工程の断面図である。
 - 【図20】第12の実施例の作製工程の断面図である。
 - 【図21】第12の実施例の作製工程の断面図である。
 - 【図22】第13の実施例の作製工程の断面図である。
 - 【図23】第14の実施例の作製工程の断面図である。
 - 【図24】第14の実施例の作製工程の断面図である。
 - 【図25】第14の実施例の作製工程の断面図である。
 - 【図26】第15の実施例の作製工程の断面図である。
 - 【図27】第15の実施例の作製工程の断面図である。
 - 【図28】第15の実施例の作製工程の断面図である。
 - 【図29】第16の実施例のステップの構成図である。
 - 【図30】階段状回折光学素子の斜視図である。
 - 【図31】階段状回折光学素子の断面図である。
 - 【図32】従来例の作製工程の断面図である。
 - 【図33】階段形状とマスクの関係の説明図である。
 - 【図34】階段形状とマスクの関係の説明図である。
- 【符号の説明】
- 21、31、41、81、161、171 石英基板
 - 22、27、32、37、42、46、52、82、102、162、172クロム膜
 - 25、29、44、48、50、108、109、112、113、116、117、123、125、127、130、134、136 アルミニウム膜
 - 35、39 酸化アルミニウム膜
 - 71 レンズ群
 - 72、155、D 回折光学素子
 - 73、160 照明光学系
 - 75 撮影光学系
 - 96、98、100 ポリイミド膜
 - 103 酸化クロム膜

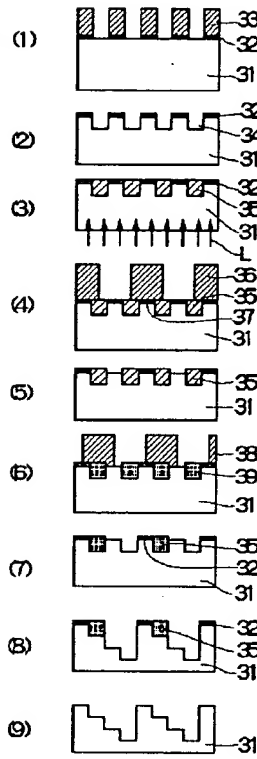
150 シリンジ
151 硝子基板
152 反応硬化樹脂

201 レチクル
202 結像光学系

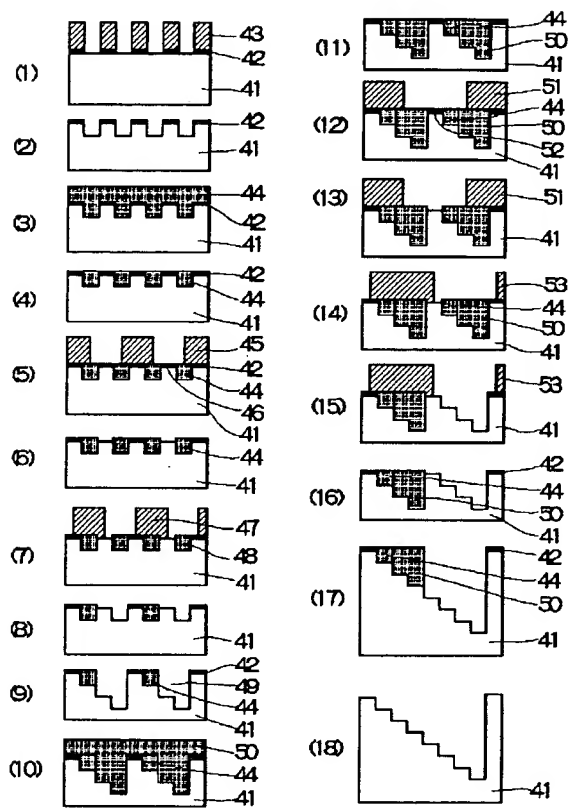
【図1】



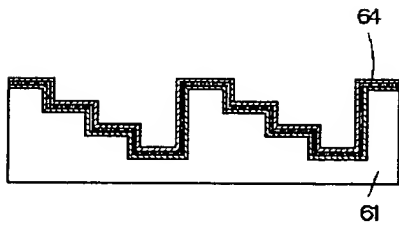
【図2】



【図3】

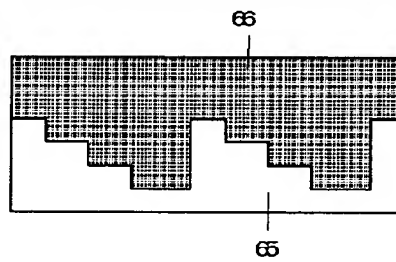


【図4】

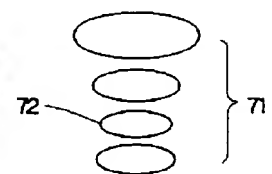


【図7】

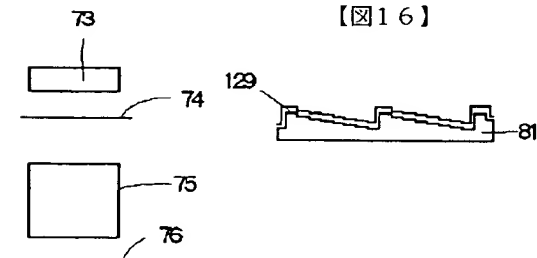
【図5】



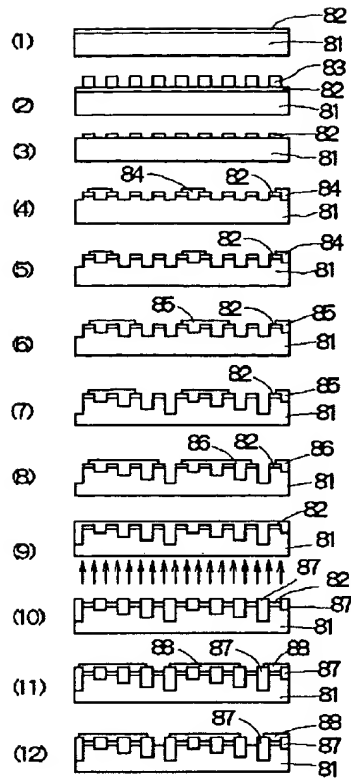
【図6】



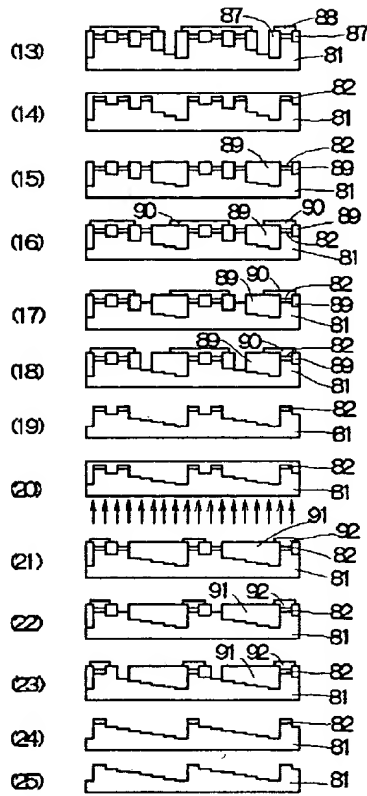
【図16】



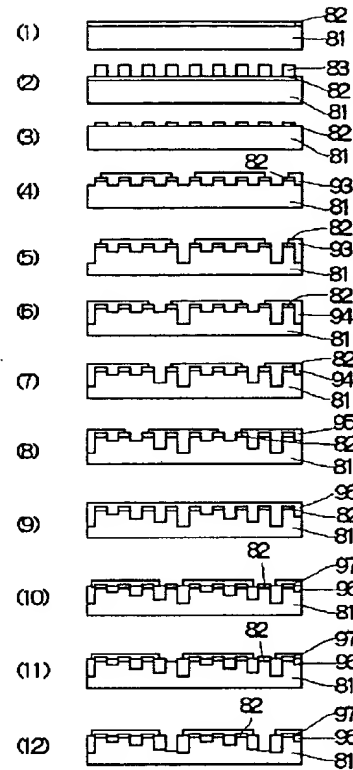
【図8】



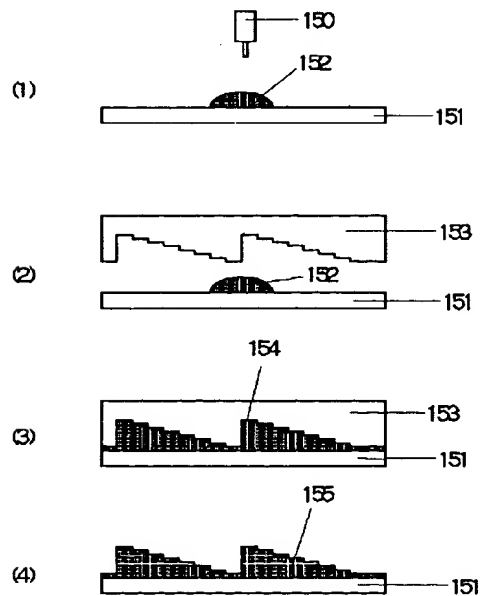
【図9】



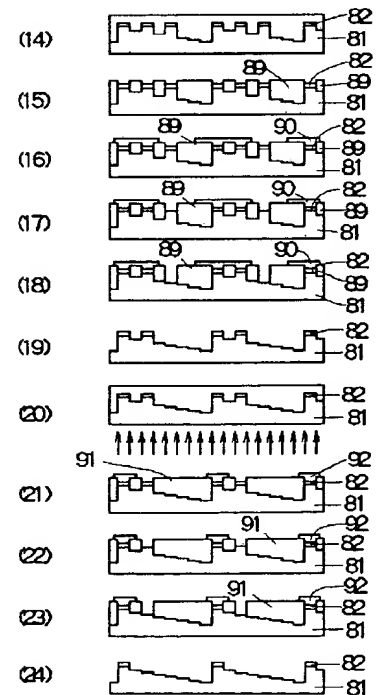
【図10】



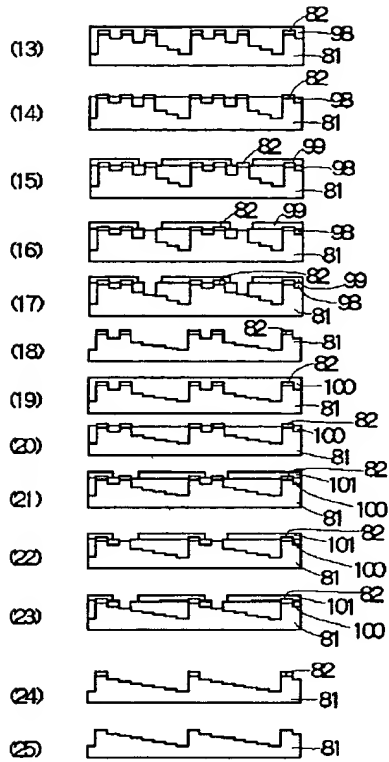
【図22】



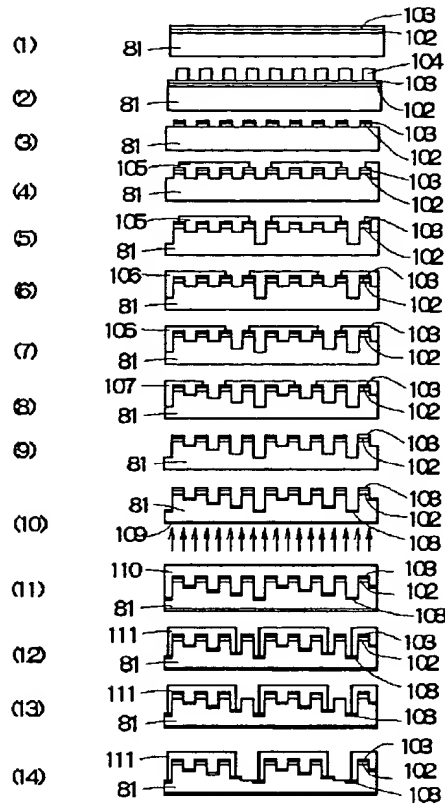
【図18】



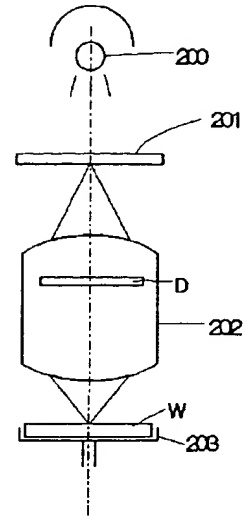
【図11】



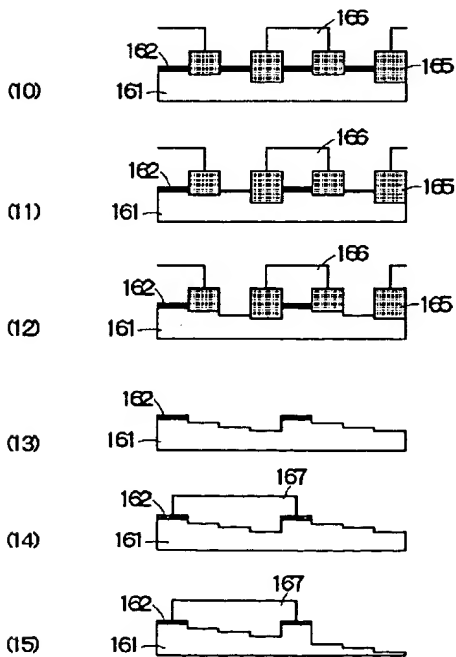
【図12】



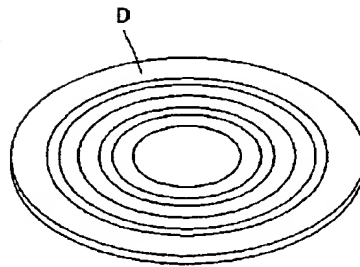
【図29】



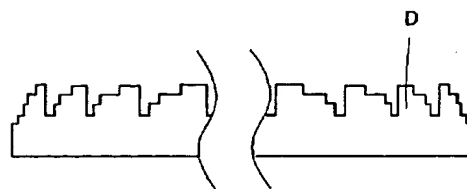
【図24】



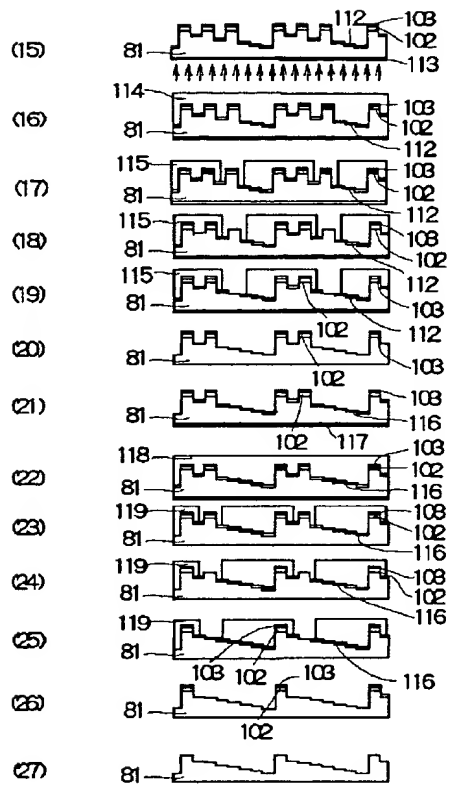
【図30】



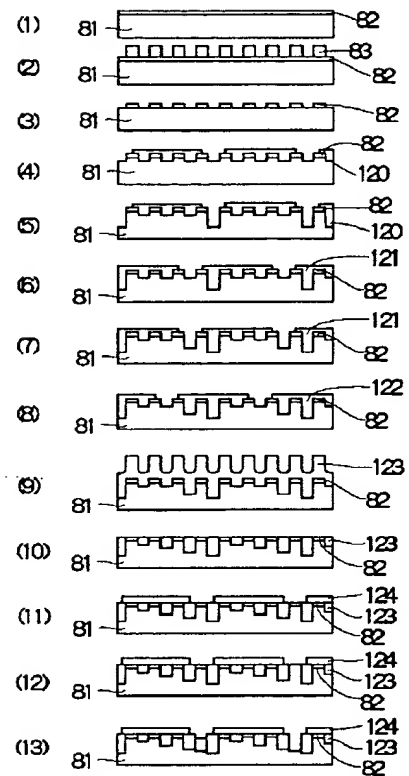
【図31】



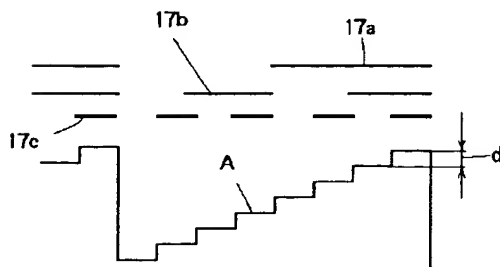
【図13】



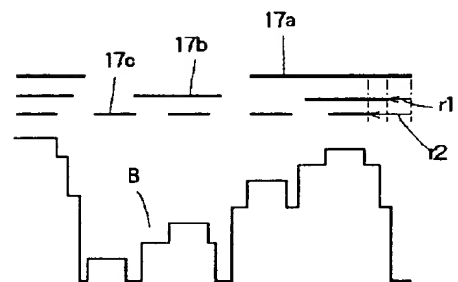
【図14】



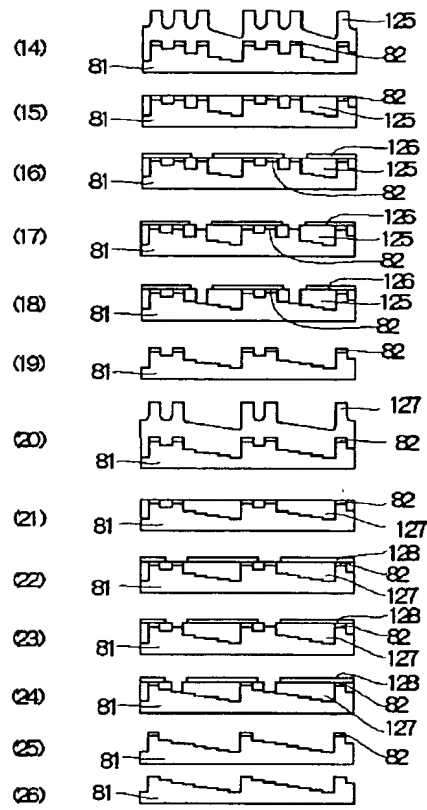
【図33】



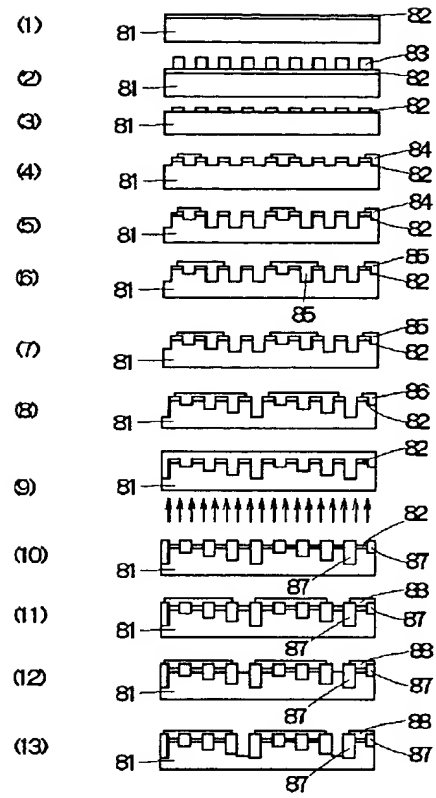
【図34】



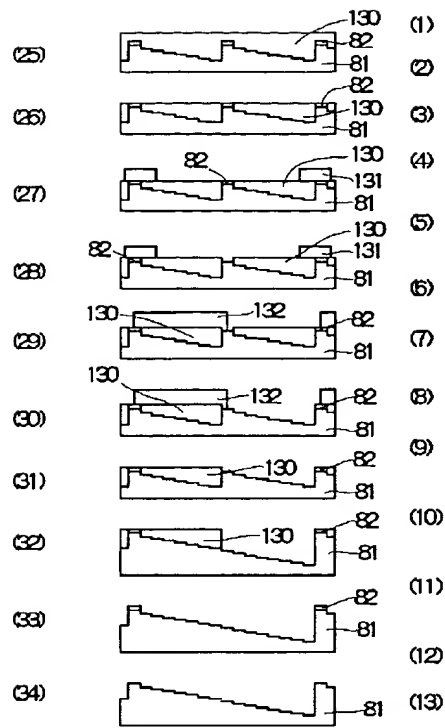
【図15】



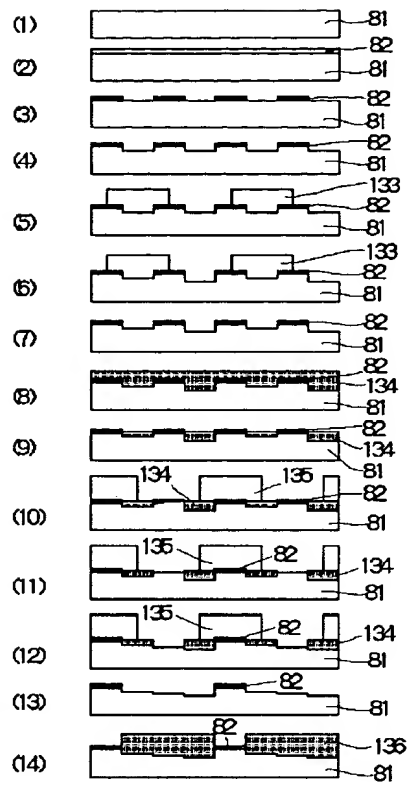
【図17】



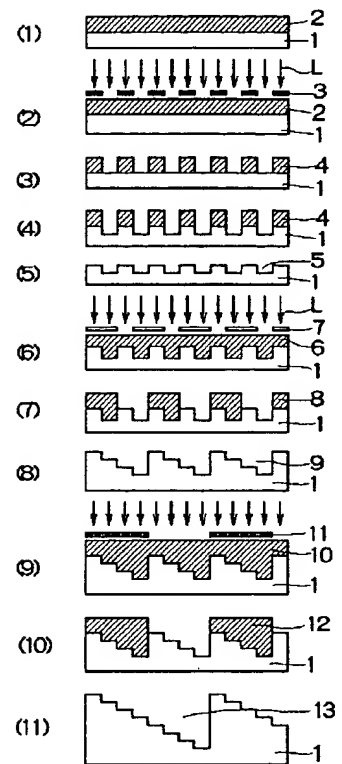
【図19】



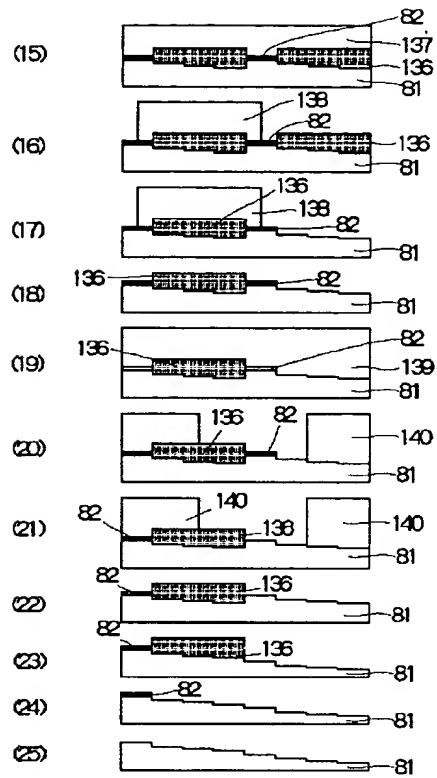
【図20】



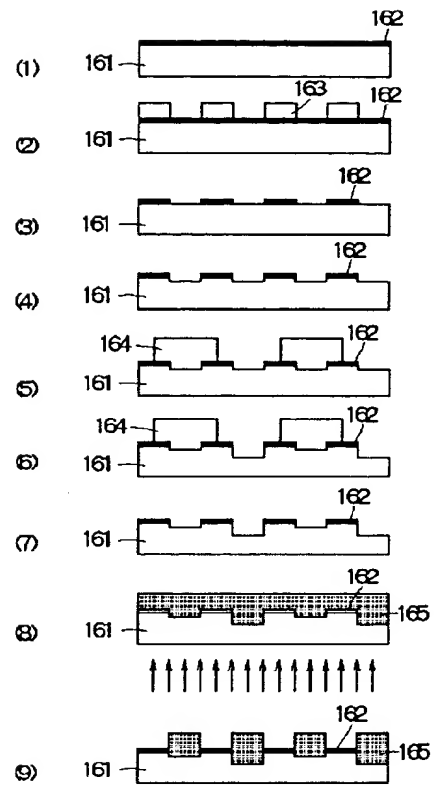
【図32】



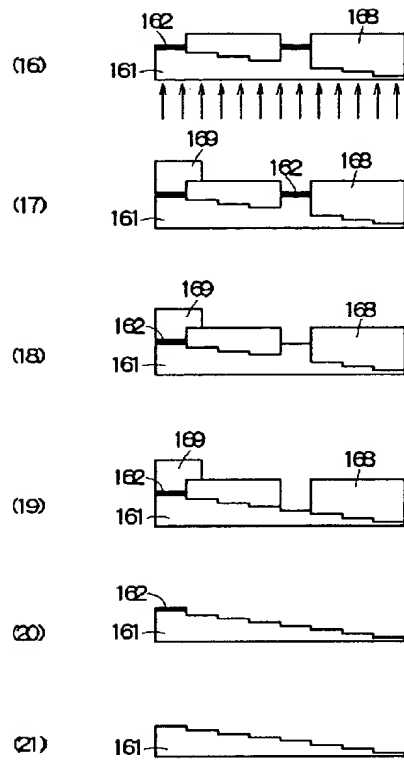
【図21】



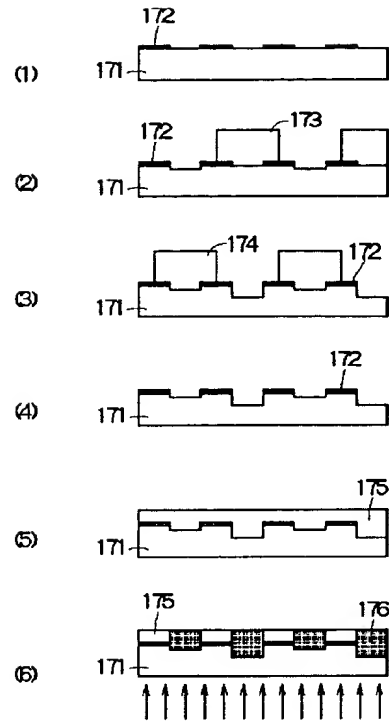
【図23】



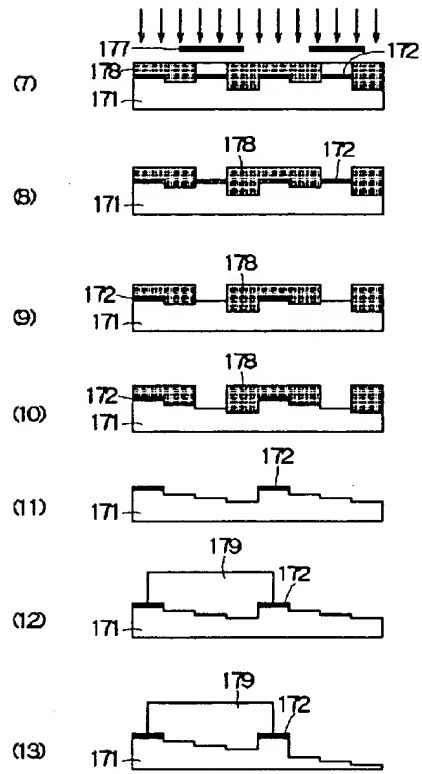
【図25】



【図26】



【図27】



【図28】

